ZDRUŽENIE ZAMESTNÁVATEĽOV VO VODNOM HOSPODÁRSTVE NA SLOVENSKU (Banská Bystrica)
VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA (Praha)
BUDAPESTI MÜSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM (Budapest)
INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ (Warszawa)
VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA (Bratislava)

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p.
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Slovenský hydrometeorologický ústav
Ústav hydrológie SAV
Vodohospodárska výstavba, š. p.
Slovenský priehradný výbor
Okresný úrad Bratislava, Odbor starostlivosti o životné prostredie
Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH, člen ZSVTS
Slovenská komora stavebných inžinierov - regionálne združenie BA
Odbor vodného hospodárstva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied
Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene
Fakulta krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre

Cieľ konferencie

Všetky prírodné katastrofy ovplyvňujú ekonomický rast krajiny a môžu zapríčiniť neočakávaný rast výdavkov. Povodne majú veľmi nepriaznivý dopad na životné prostredie i celú spoločnosť.

Povodňové situácie, ich následky, ale hlavne preventívne opatrenia – to sú témy, ktoré čoraz intenzívnejšie zamestnávajú odborníkov. Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou „**Manažment povodí a povodňových rizík 2013“** sa preto pripravuje za účasti všetkých relevantných subjektov vodného hospodárstva a má ambíciu prezentovať účinné riešenia.

Organizátori veria, že po troch konferenciách venovaných uvedenej téme, prispeje aj štvrtá konferencia k tradícii seriózneho, kompetentného a systematického prístupu k problému, ktorý sa dotýka celej spoločnosti.

Prípravný výbor

Ing. Martin Bačík, PhD., MŽP SR
Prof. Ing. Emília Bednárová, PhD., SkCOLD
Ing. Pavel Hucko, CSc., SVHS ZSVTS Bratislava
Prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD., TU vo Zvolene
Doc. Ing. Ľuboš Jurík, PhD., SPU v Nitre
Ing. Kvetoslava Kanioková, Okresný úrad Bratislava
Prof. Ing. Viliam Macura, PhD., SvF STU Bratislava
RNDr. Oľga Majerčáková, CSc., SHMÚ Bratislava
RNDr. Pavol Miklánek, PhD., UH SAV Bratislava
Ing. Ján Munkáči, ZZVH Banská Bystrica
Mgr. Maroš Nikolaj, PhD., VV, š. p., Bratislava
Prof. Ing. Ján Szolgay, PhD., SvF STU Bratislava
Mgr. Tatiana Šimková, VÚVH Bratislava
Prof. Ing. Andrej Šoltész, PhD., SvF STU Bratislava
Ing. Pavel Virág, SVP, š. p., Banská Štiavnica
Ing. Viliam Višacký, PhD., VÚVH Bratislava

Príspevky lektorovali:

Ing. Martin Bačík, PhD.
Ing. Miroslav Lukáč, PhD.
RNDr. Oľga Majerčáková, CSc.
prof. Ing. Emília Bednárová, PhD.
prof. Ing. Viliam Macura, PhD.
RNDr. Pavol Milánek, PhD.
prof. Ing. Ján Szolgay, PhD.

Za konečnú obsahovú a jazykovú stránku príspevkov zodpovedajú autori.

Medzinárodná spolupráca pri tvorbe manažmentu povodia rieky Bodrog – niektoré príklady

Transnational co-operation in creation of Bodrog River basin management – some examples

Ivančo R., SVP. š.p., OZ Košice, roman.ivanco@svp.sk,
Giba M., SVP. š.p., OZ Košice, maros.giba@svp.sk

Abstrakt

Povodie rieky Bodrog v oblasti Východoslovenskej nížiny prešlo v nedávnej minulosti rozsiahlymi antropogénnymi zásahmi, ktoré v mnohých prípadoch mali výrazný dopad na biotu toku a jeho bezprostredného okolia. V období poslednej dekády v tejto oblasti bolo realizovaných niekoľko projektov zameraných na posilnenie jednotlivých funkcií dotknutých vodných tokov.
Projekt „Integrácia princípov a praktík ekologického manažmentu do krajinného a vodohospodárskeho manažmentu na Východoslovenskej nížine (projekt Laborec – Uh)“, mal za cieľ na primeranej úrovni zlepšiť povedomie občanov žijúcich v dotknutom území pri hospodárení s vodou.
Cieľom projektu „Komplexné hospodárenie s vodou na pravej strane Ondavy“ bol návrh systému opatrení vrátane zmeny využitia územia v povodí Trnávky, zameraných na optimalizáciu hospodárenia s vodou v tomto území. Projekt sa snažil za širšej spoluúčasti verejnosti a na základe skúseností vodohospodárov z inej krajiny Európskej únie skĺbiť požiadavky na zvýšenú mieru protipovodňovej ochrany s ďalšími verejnými a environmentálnymi potrebami.

Abstract

Bodrog River basin in region of Eastern Slovak Lowland passed through wide anthropogenic interventions in recent times. In many cases the interventions had considerable impact on biota of watercourses and their direct surrounding. In the period of last decade several projects dealing with stimulation of particular functions of watercourses were realized in this region.
Project „Integration of principles and practices of ecological management to the land management and water management on the East Slovakian lowland (Laborec – Uh)“ was aimed at an appropriate level to raise awareness of the citizens living in the affected area in water management.
Aim of the project named „Complex water management on the right bank of Ondava River” was a proposal of measures including land use change in Trnávka River basin, oriented on optimization of water management in the area. The project, under wider partnership of public and based on experience of water managers of other EU country, made an effort to fit together demands for heightened flood protection level and other public and environmental needs.

Kľúčové slová

Plán manažmentu povodia, hospodárenie s vodou, protipovodňová ochrana, environmentálne problémy.

1. Úvod

Európska legislatíva v oblasti vodnej politiky vytvára základ pre spoločnú vodohospodársku politiku v krajinách Európskej únie, pričom významne mení pohľad na ochranu kvality i kvantity vodných

zdrojov (Rámcová smernica o vode), či plánovanie a organizáciu povodňovej ochrany (Smernica o hodnotení a manažmente povodňových rizík) s dôrazom na integrovaný manažment v povodí. Hlavným cieľom tejto politiky je dosiahnutie dobrého stavu povrchových aj podzemných vôd, trvalo udržateľné, vyvážené a spravodlivé využívanie vôd a zlepšenie stavu povodňovej ochrany v stanovených horizontoch. Požiadavky definované v týchto rámcových dokumentoch boli transponované aj do našej národnej legislatívy čím bol vytvorený hlavný predpoklad pre ich implementáciu v národných podmienkach.

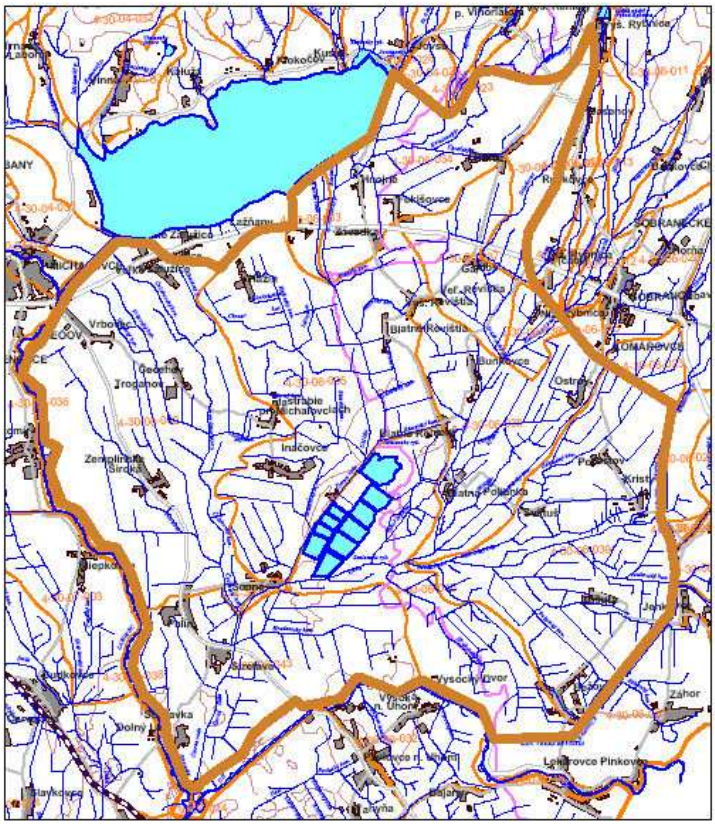
Nástrojmi postupnej implementácie a aplikácie integrovaného manažmentu majú byť Plány manažmentu povodí, ktorých záväznou časťou je Program opatrení. Termín ich vyhotovenia v rámci prvého plánovacieho cyklu bol 22. december 2009, pričom súčasťou Plánov manažmentu povodí sa na konci ďalšieho plánovacieho cyklu v roku 2015 stanú aj Plány manažmentu povodňových rizík. Plánovacie obdobie je nastavené na šesť rokov, v ktorom sa podľa priorít predpokladá realizácia plánovaných opatrení a následná revízia splnenia stanovených cieľov.

V nasledujúcich príspevkoch Vám autori priblížia ambíciu SVP, š.p. OZ Košice sa priamo zapojiť do procesu vodného plánovania vo vybraných čiastkových povodiach. Po identifikácii vodohospodárskych problémov došlo v rámci spolupráce všetkých zainteresovaných subjektov povodia k vypracovaniu návrhu opatrení s cieľom pomôcť dotknutému regiónu.

2. Plán manažmentu povodia Čiernej vody.

V roku 2007 bol schválený projekt: „Integrácia princípov a praktík ekologického manažmentu do krajinného a vodohospodárskeho manažmentu na Východoslovenskej nížine (projekt Laborec – Uh)“, ktorý pripravilo Ministerstvo životného prostredia SR v spolupráci s medzinárodným fondom Global Environmental Facility (GEF), Rozvojovým programom Organizácie spojených národov UNDP a Slovenským vodohospodárskym podnikom, š.p.. Cieľom projektu bolo pomôcť regiónu Zemplína pri prechode z konvenčného vodohospodárskeho manažmentu a poľnohospodárskeho využívania krajiny na integrovaný manažment ekosystému krajiny. Navrhovaný projekt mal demonštrovať zavedenie ekologických funkcií a služieb tak, aby zvyšovali ekonomický úžitok poľnohospodárov a pritom mali za následok zlepšenie kvality vôd, biodiverzity a plnili iné globálne, európske a národné ciele. Súčasne rešpektoval a zaoberal sa aktuálnymi i budúcimi záväzkami vlády Slovenskej republiky v súvislosti s realizáciou smerníc Európskej únie v oblasti ochrany biodiverzity, rozvoja vidieka, pôdohospodárstva a vodného hospodárstva.

Jedným z hlavných výstupov uvedeného projektu bolo aj vypracovanie Plánu manažmentu povodia Čiernej vody, ako nástroj postupnej implementácie požiadaviek RSV a aplikácie integrovaného manažmentu.
Projekt sa začal realizovať v júni 2007 na pilotnom území situovanom v severovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny v povodí rieky Uh (viď obr.1). Projektovú oblasť ohraničujú zo západu a juhu rieky Laborec a Uh. Smerom na sever je oblasť projektu ohraničená vodnou nádržou Zemplínska šírava a na východe odvodňovacím kanálom ústiacim do rieky Uh. Oblasť projektu je viac menej rozdelená na dve časti kanálom rieky Čierna Voda, prítokom Laborca (vlievajúceho sa blízko sútoku s riekou Uh), ktorého povodie sa nachádza z väčšej časti v projektovej oblasti. Celková výmera projektového územia bola 29 539 ha na prevažne ornej pôde a zahŕňala 28 obcí s celkovým počtom 11 589 obyvateľov. Na národnej úrovni bol projekt realizovaný Ministerstvom životného prostredia, ktoré je zároveň zodpovedné za celkové riadenie a kontrolu zdrojov. Projekt bol koordinovaný a realizovaný Slovenským vodohospodárskym podnikom, š.p., ktorý podpísal dohody o jeho realizácii s partnermi: Slovenská technická univerzita v Bratislave (úlohy pre vodné hospodárstvo, hydrológiu a hydrauliku), DAPHNE – inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava (problematika zachovania trávnych a mokraďných ekosystémov) a občianskym združením SOSNA, Košice (sociálno – ekonomická stratégia).



Obr.1. - Pilotné územie projektu

Legislatívnym rámcom pre vypracovanie Plánu manažmentu povodí na nadnárodnej úrovni je Smernica 2000/60/ES Európskeho Parlamentu a Rady, ktorá o Plánoch vodohospodárskeho manažmentu povodí pojednáva vo svojom článku 13 a po obsahovej stránke ho definuje v prílohe VII. V súlade s ňou bol termín na vypracovania finálneho plánu manažmentu povodí stanovený na december 2009. Na národnej úrovni je to samozrejme zákon č. 364/2004, ktorý v tretej časti Vodné plánovanie v § 13 definuje Plán manažmentu povodia ako základný nástroj na dosiahnutie cieľov vodného plánovania v oblasti ich povodí, ktorý na základe vykonaných analýz súčasného stavu povrchových vôd a podzemných vôd a zhodnotenia vplyvu ľudskej činnosti na vodné pomery ustanovuje environmentálne ciele a programy opatrení na ich dosiahnutie vrátane finančného zabezpečia. Po obsahovej stránke je definovaný Vyhláškou č. 224/2005, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o vymedzení oblasti povodí, environmentálnych cieľoch a o vodnom plánovaní.
Plán manažmentu povodia Čiernej Vody bol realizovaný po obsahovej stránke v zmysle spomínanej Smernice 2000/60/ES Európskeho Parlamentu a Rady, t. z., že obsahom je:

1) Všeobecný popis charakteristík správneho územia povodia
2) Súhrn významných vplyvov a dopadov ľudskej činnosti na stav povrchovej a podzemnej vody
3) Identifikácia a zmapovanie chránených oblastí
4) Mapa monitorovacích sietí a mapová prezentácia výsledkov monitorovacích programov
5) Zoznam environmentálnych cieľov pre povrchové, podzemné vody a chránené územia
6) Súhrn ekonomickej analýzy
7) Súhrn programu alebo programov opatrení
8) Zoznam všetkých podrobnejších programov a plánov vodohospodárskeho manažmentu vypracovaných pre dané správne územie povodia, ktoré sa týkajú jednotlivých čiastkových povodí, sektorov, problémov alebo typovo vôd spolu so súhrnom ich obsahu
9) Súhrn opatrení prijatých na informovanie verejnosti
10) Zoznam oprávnených orgánov
11) Kontaktné miesta a postupy na získanie podkladovej dokumentácie

Hlavnými objektmi Plánov manažmentu povodí sú tzv. **útvary povrchových vôd** (vodné toky alebo ich úseky, kanály alebo ich úseky, jazerá, vodné nádrže) a **útvary podzemných vôd** (vymedzené množstvo podzemnej vody hydrogeologického kolektora alebo hydrogeologických kolektorov).

Pri hodnotení útvarov povrchových vôd sa do úvahy berú toky s plochou povodia nad 10 km^2. Útvary povrchových vôd v zmysle RSV sa členia na nasledovné kategórie:

- **Prírodný vodný útvar** – útvar povrchovej vody, ktorého charakter sa nezmenil alebo sa vplyvom ľudskej činnosti zmenil len nepatrne.
- **Výrazne zmenený vodný útvar (HMWB) –** je útvar povrchovej vody, ktorého charakter sa pôsobením ľudskej činnosti podstatne zmenil (napr. útvary povrchovej vody podstatne zmenené úpravami, koncentrovaním vodných zásob pre výrobu elektrickej energie, zásobovanie pitnou vodou, zavlažovanie, výstavbou prístavných zariadení, plavbou a pod.)
- **Umelý vodný útvar (AWB)** – je útvar povrchovej vody vytvorený ľudskou činnosťou na mieste, kde dovtedy neexistoval vodný útvar a ktorý nebol priamo vytvorený fyzickou zmenou, pohybom alebo preskupením existujúceho vodného útvaru (napr. umelo vytvorený kanál na mieste, kde dovtedy netiekla voda).

V procese spracovania Plánu manažmentu povodia Čiernej vody bolo v záujmovom povodí vymedzených 14 útvarov (VÚ) povrchových vôd a 1 útvar podzemných vôd v kvartérnych sedimentoch a 1 útvar podzemných vôd v predkvartérnych horninách. Stručný prehľad útvarov povrchových vôd je uvedený na obr. č.2.

14 útvarov povrchových vôd

kód VÚ	názov toku	hranice VÚ
SKB0144	Laborec	rkm 0,000 – 58,700
SKB0150	Uh	rkm 0,000 – 20,900
SKB0152	Čierna voda	rkm 0,000 – 23,000
SKB0153	kanál Reviština - Bežovce	rkm 0,000 – 20,600
SKB0161	Okna	rkm 0,000 – 25,700
SKB0143	Zalužický kanál	rkm 0,000 – 2,700
SKB0242	Prievlaka	rkm 0,000 – 9,300
SKB0247	Drieňovský kanál	rkm 0,000 – 3,700
SKB0251	Hradenický kanál	rkm 0,000 – 5,800
SKB0252	Hrabovský kanál	rkm 0,000 – 7,800
SKB0255	Hažínsky kanál	rkm 0,000 – 6,100
SKB0257	Starý Porubský potok	rkm 0,000 – 8,100
SKB0258	Olšinský kanál	rkm 0,000 – 8,650
SKB0261	Čečehovský kanál	rkm 0,000 – 14,100

2 útvary podzemných vôd

kód VÚ	názov toku
SK1001500P	Medzizrnové podzemné vody kvartérnych náplavov J. časti oblasti povodia Bodrog
SK2005800P	SK2005800P Medzizrnové podzemné vody Východoslovenskej panvy oblasti povodia Bodrog

Obr. 2. - Identifikované vodné útvary v povodí Čiernej vody

Pri identifikácii najvýznamnejších vplyvov na kvalitu a kvantitu vymedzených vodných útvarov povrchových a podzemných vôd sa brali do úvahy tieto faktory:

- organické znečistenie povrchových a podzemných vôd,
- znečistenie povrchových a podzemných vôd živinami,
- znečistenie vôd prioritnými látkami a inými chemickými látkami relevantnými pre SR,
- narušenie laterálnej kontinuity vodných tokov,
- narušenie pozdĺžnej kontinuity tokov,

- zmeny hydrologického režimu povrchových a podzemných vôd.

V záujmovom území boli okrem iných identifikované významné hydromorfologické vplyvy. Uvedené vplyvy úzko súvisia s antropogénnou činnosťou s cieľom zmeniť odtokové pomery územia na Východoslovenskej nížine (VSN), ktorá vyústila do komplexných úprav za účelom odvodnenia územia a maximálneho poľnohospodárskeho využitia. Záujmové územie bolo totiž v minulosti najčastejšie zaplavovaným územím v rámci VSN. Výskyt povodní bol podmienený jednak samotnou polohou územia (záujmové územie je jedno z najnižších polôh v oblasti VSN), ale tiež aj skutočnosťou, že okrem prívalových vôd z vlastného povodia Čiernej vody k povodniam prispievali aj veľké vody Laborca, ktoré sa vylievali z koryta pod Michalovcami a terénnymi depresiami odtekali do údolia Čiernej vody a veľké vody Uhu, ktoré sa pri povodni tlačili korytom Čiernej vody až k obci Senné, pričom tu vytvárali akýsi prirodzený polder. Rieka Uh zaplavovala oblasť depresie na týždne, niekedy až mesiace. Záplavy v samotnej depresii Senné boli spôsobené vodou, stekajúcou z pohoria Vihorlat a zachytávanou vodným tokom Čiernej Vody, Okny a Sobraneckým potokom.

Na základe identifikovaných vplyvov boli na útvaroch povrchových a podzemných vôd navrhnuté opatrenia s cieľom dosiahnutia dobrého stavu vôd do roku 2015 v zmysle RSV.
Okrem opatrení na zlepšenie chemického stavu útvarov povrchových a podzemných vôd sa veľká pozornosť venovala aj opatreniam na zlepšenie ekologického stavu vodných útvarov. Ekologické prvky kvality najvýznamnejšie ovplyvňuje hydromorfologický stav vodných útvarov. Na zlepšenie hydromorfológie územia preto boli navrhnuté nasledovné typy opatrení:

Opatrenia na zabezpečenie pozdĺžnej kontinuity riek a habitatov

- Odstránenie priečnej stavby,
- Obnova kontinuity (vybudovanie rybovodu, biokoridoru, kamenného sklzu),
- Vypracovanie, resp. prehodnotenie manipulačných poriadkov,
- Oprava regulačných mechanizmov stavidiel za účelom umožnenia migrácie rýb.

Opatrenia na zabezpečenie laterálnej spojitosti mokradí/inundácií s tokom

- Obnova starých meandrov (napr. bočných ramien, slepých ramien),
- Obnova mokradí (napr. bývalých inundácií).

Opatrenia na zlepšenie hydrologického režimu

- Vypracovanie, resp. prehodnotenie manipulačného poriadku na vodných stavbách,
- Oprava regulačných mechanizmov na vodných stavbách za účelom zlepšenia hydrologického režimu,
- Obnova mokradí (napr. bývalých inundácií).

Pre dosiahnutie uvedených cieľov sa pre oblasti povodí spracúvajú Plány manažmentu s hlavným nástrojom – Programom opatrení, ktorý obsahuje konkrétne kroky pre dosiahnutie dobrého stavu vôd. Program opatrení sa bude každých 6 rokov revidovať a aktualizovať.
Doterajšie hodnotenia preukazujú, že stav vôd v povodí Čiernej vody nezodpovedá kritériám „dobrého“ stavu v dôsledku ich nevyhovujúceho ekologického stavu, znečistenia organickými látkami ako aj vplyvmi plošného znečistenia z územia.
Samotné práce na spracovaní Plánu manažmentu povodia Čiernej vody v súlade s časovým harmonogramom projektu Laborec – Uh sa začali v II.Q roku 2008. Na začiatku bolo nutné sa s predmetným územím oboznámiť, bolo nutné vykonať analýzu podkladov predmetného územia, kde ako podkladové materiály z vodohospodárskeho hľadiska boli využité hlavne vodohospodárske a hydroekologické plány povodia Laborca a manipulačné poriadky vodných stavieb a technické pasporty upravených úsekov tokov v predmetnom území. V nadväznosti na rešerš odbornej literatúry bol v priebehu mesiaca máj 2008 vykonaný prvý terénny prieskum predmetného územia. Jeho predmetom bolo podrobne preskúmať riečnu a kanálovú sieť v predmetnom povodí (Čierna Voda, Okna, kanál Veľké Revištia – Bežovce, ...) so zameraním na priečne stavby a úpravy, ktoré ovplyvňujú odtokový režim oblasti. V priebehu mesiacov júl a august sme sa v teréne zamerali na

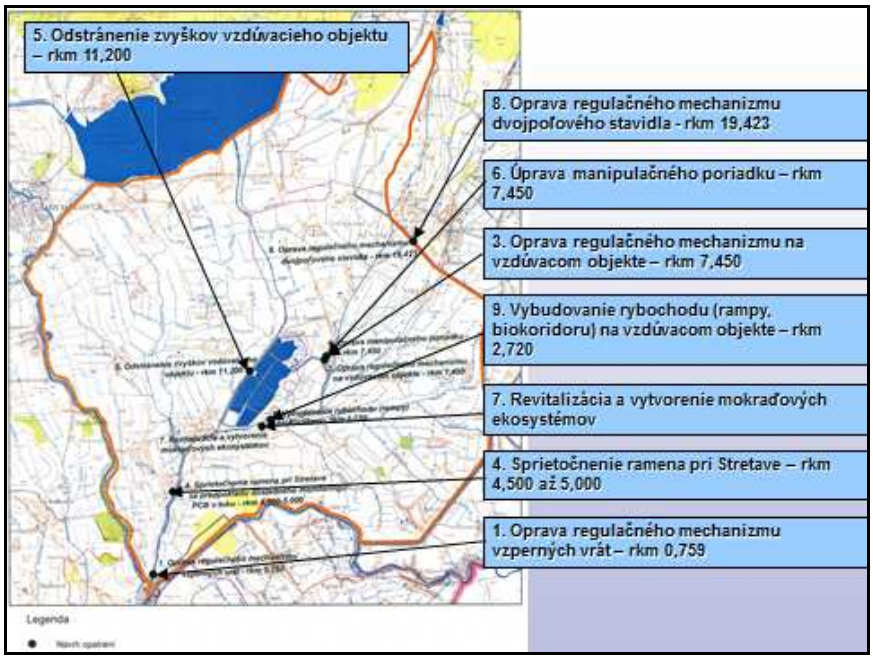
úseky tokov predbežne vymedzené ako výrazne zmenené vodné útvary pre potreby ich testovania. Zároveň sme sa spolu s DAPHNE zúčastnili spoločného ichtyologického prieskumu predmetného povodia s cieľom zmapovať rybiu osádku a ichtyologické pomery oblasti. V priebehu mesiacov november a december sa vykonal terénny prieskum so zameraním na kanálovú sieť a jej funkčnosť. Zároveň sa pracovníci SVP, š.p. zúčastnili prieskumu (spolu s STU) možností hydraulických riešení obnovy mokradí v záujmovom území.

Na základe terénneho prieskumu a vykonanej analýzy podkladov povodia bol vypracovaný popis súčasného stavu charakteristík oblasti povodia, ktorý obsahoval popis prírodných a administratívnych pomerov územia a popis socio-ekonomických aktivít. Ďalej boli zmapované polohy, hranice a typy útvarov povrchových vôd a ich referenčných podmienok ako aj polohy a hranice útvarov podzemných vôd**.** V kapitole - Súhrn významných vplyvov a dopadov ľudskej činnosti na stav povrchovej a podzemnej vody sa zhodnotil jej dopad po kvalitatívnej a kvantitatívnej stránke. Boli identifikované a zmapované chránené územia nachádzajúce sa v predmetnom povodí, ktoré boli vyhlásené, resp. budú v súlade s národnou, ale aj európskou legislatívou. V rámci kapitoly - Mapa monitorovacích sietí bola zhodnotená sieť monitorovacích miest povrchových, podzemných vôd a tiež chránených oblastí, pričom hodnotenie dopadu antropogénnych vplyvov na stav povrchových vôd bude potvrdené a doplnené pomocou základného monitoringu. Následne sa definoval zoznam environmentálnych cieľov a zhodnotil sa stav útvarov povrchových a podzemných vôd.

Pre takto zistený a popísaný aktuálny stav povodia Čiernej vody bol s cieľom dosiahnutia dobrého stavu, resp. zlepšenia stavu vôd vypracovaný návrh programu opatrení. Ide o základné opatrenia – vyplývajúce z ďalších zadefinovaných smerníc a našej legislatívy a doplnkové opatrenia, ktoré sa navrhujú nad rámec základných opatrení za účelom dosiahnutia cieľov smernice definovaných v článku 4 RSV. Takto definované opatrenia majú zabezpečiť alebo podporiť ochranu vôd a napĺňanie environmentálnych cieľov, ochranu pred povodňami a ďalšími škodlivými účinkami vôd. Opatrenia navrhované v Pláne manažmentu povodia Čiernej vody sa zameriavajú najmä na:

- Odstránenie migračných bariér pre ryby sfunkčnením vodohospodárskych objektov
- Revitalizáciu a vytvorenie mokraďných ekosystémov
- Obmedzenia transportu splavenín a plavenín realizáciou protieróznych opatrení na pozemkoch
- Zlepšenie monitoringu kvality vôd v území hlavne z hľadiska obsahu škodlivých látok vo vodách
- Riešenie odvádzania a zneškodňovania splaškových odpadových vôd (kanalizácia a čistenia odpadových vôd)
- Zlepšenia vodného režimu v povodí

Konkrétne navrhnuté opatrenia na elimináciu hydromorfologických vplyvov na útvaroch povrchových vôd záujmového územia sú uvedené na obr. 3.



Obr. 3. Návrh konkrétnych opatrení

Program opatrení musí obsahovať časový plán realizácie opatrení, finančné náklady a spôsob ich financovania.
Realizácia opatrení navrhnutých v Pláne manažmentu povodia smeruje k zlepšeniu kvality života v povodí a to nie len v oblasti ochrany a hospodárenia s vodou, ale aj v oblasti ochrany prírody a krajiny a rozvoja socio-ekonomických aktivít v území.

Prvá pracovná verzia Plánu manažmentu povodia Čiernej vody bola k dispozícii už v prvej polovici decembra 2008 a bola zaslaná na pripomienkovanie a doplnenie partnerom projektu. Následne sa zapracúvali pripomienky partnerov projektu a dopĺnili kapitoly prevzaté z Plánu manažmentu povodia SR. Návrh plánu bol zverejnený na web stránkach (www.laborecuh.sk, www.svp.sk) a využil sa ako jeden z nástrojov informovania verejnosti. K návrhu Plánu manažmentu povodia Čiernej vody tak mohla verejnosť podávať pripomienky a aktívne sa zapojiť do procesu jeho tvorby.
Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. OZ Košice získal spracovaním Plánu manažmentu povodia Čiernej vody cenné skúsenosti s prípravou a realizáciou tohto významného plánovacieho dokumentu, ktorý tak predbehol v tom období legislatívnu povinnosť vypracovať Plány manažmentu čiastkových povodí na území SR. Obsahovo naplnil RSV a stal sa tak podkladom následnej spolupráce s VÚVH Bratislava pri tvorbe komplexných materiálov celých čiastkových povodí.
Po vypracovaní a následnom schválení sa tento koncepčný materiál stal prílohou Plánu manažmentu čiastkového povodia rieky Bodrog.

3. Projekt „Komplexné hospodárenie s vodou na pravej strane Ondavy“

Projekt s názvom „Komplexné hospodárenie s vodou na pravej strane Ondavy“ bol realizovaný v spolupráci s expertmi Holandského kráľovstva v rokoch 2009 – 2011. Rozhodnutie spolupracovať s holandskými expertmi na tomto projekte vychádzalo z pozitívnych skúseností z minulosti. Vzájomné vzťahy medzi Vodnou radou Regge a Dinkel a SVP, š.p. OZ Košice sa začali budovať ešte v 90- tych rokoch minulého storočia, od kedy sa v rámci vzájomnej spolupráce uskutočnilo niekoľko projektov zameraných na inováciu prístupov vo vodohospodárskej praxi ako aj výmenu odborných skúseností. Aj tento projekt sústredil svoju pozornosť na zmenu pohľadu na zaužívané, tradičné techniky používané v podmienkach východoslovenskej nížiny a mal za cieľ optimalizovať prevádzku

vodohospodárskej infraštruktúry v pilotnom území medzi riekou Ondava a Trnávka. Optimalizáciou sa v danom prípade myslí zlepšenie hospodárenia s vodou v čase extrémov povodní ako aj sucha.
Ústrednou líniou spolupráce bolo vypracovanie projektového rozvojového plánu za účasti všetkých zainteresovaných subjektov pôsobiacich v záujmovom území. Obsah uvedeného plánu bol zameraný nie len na jednostranné riešenie vodohospodárskych opatrení v území, ale súčasne mal v sebe integrovať väzbu na socioekonomickú sféru a zlepšenie ekologického stavu.
Úmyslom pilotného projektu bolo aby princípy použité pri jeho spracovaní boli v budúcej praxi obdobne aplikované v celom spravovanom území.

Projekt bol jednou z piatich hlavných aktivít zastrešujúceho projektu spolupráce medzi holandskou a slovenskou stranou s názvom WACO (Water co-operation), ktorý bol financovaný z Národnej vodnej banky Holandského kráľovstva.

3.1. Východiskový stav

Záujmové územie sa nachádza v okrese Trebišov na pravej strane rieky Ondava v povodí jej pravostranného prítoku Trnávka (obr. 4). Na základe oficiálnych podkladov je zrejmé, že projektové územie patrí k ekonomicky najslabším oblastiam Slovenska. Všeobecne možno konštatovať, že 72% územia tohto regiónu je využívané na poľnohospodárstvo. Z ekologického hľadiska je významný fakt, že okres Trebišov bol v minulosti takmer úplne odlesnený. Kombinácia týchto aktivít má za dôsledok environmentálne problémy, ktoré sú vzájomne previazané aj s problematikou vodného hospodárstva. Vodohospodárske problémy v tomto území sa dajú rozdeliť do dvoch základných kategórií:

- Nedostatočná akumulačná kapacita vodohospodárskej infraštruktúry vedúca k problémom v čase extrémov
- Problémy s údržbou tokov, kanálovej siete a vodohospodárskych stavieb



Obr. 4. Oblasť riešenia projektu

3.2. Ciele projektu

Riešenie zadefinovaných problémov by mali zabezpečiť rôzne opatrenia technického aj organizačného charakteru. Podmienkou návrhu jednotlivých opatrení je ich súlad s európskou ako aj národnou politikou, avšak to nebolo jediným kritériom. Aby boli dopady prijatých opatrení optimálne a zabezpečená ich udržateľnosť bolo nevyhnutné zosúladiť ich s potrebami socioekonomickej sféry. Nakoniec, vodohospodárske opatrenia majú významný vplyv na územné plánovanie a jeho optimálne nastavenie môže tvoriť pridanú hodnotu v tomto území. Na začiatku bola prijatá vízia, ktorá mala v rámci spolupráce zainteresovaných strán viesť k nasledujúcim benefitom:

- Úvahami o spojitosti medzi socioekonomickými požiadavkami a podmienkami, ktoré sú nimi kladené na vodné hospodárstvo a opačne sa môžu identifikovať spoločné možnosti, príležitosti ale taktiež prípadné strety záujmov
- Spoločná perspektíva môže fungovať ako dôležité vodítko pri určovaní priorít v plánovaní opatrení
- Jasná budúca perspektíva s jasnými vzťahmi medzi vodným hospodárstvom a inými sociálnymi a hospodárskymi prínosmi predstavuje dobrý štartovací bod pre uchádzanie sa o európske, resp. iné granty z ktorých by tieto opatrenia mohli byť financované.

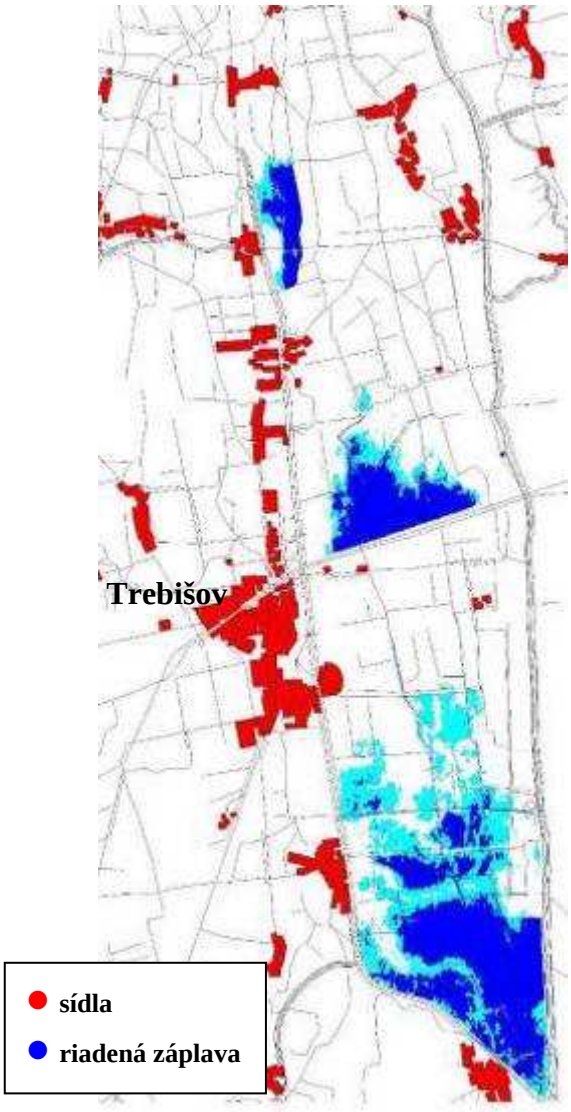
Na základe prijatej vízie boli stanovené ciele projektu, ktoré sú zhrnuté v nasledujúcich bodoch:
- Zvýšenie kapacity pre akumuláciu vody v projektovom území
- Zjednodušenie vodohospodárskeho systému
- Zlepšenie údržby vodných tokov a kanálovej siete
- Zlepšenie stavu vodohospodárskych stavieb a zariadení
- Podpora možností pre rekreačné využitie územia a vodohospodárskej infraštruktúry
- Zlepšenie ekologického stavu územia

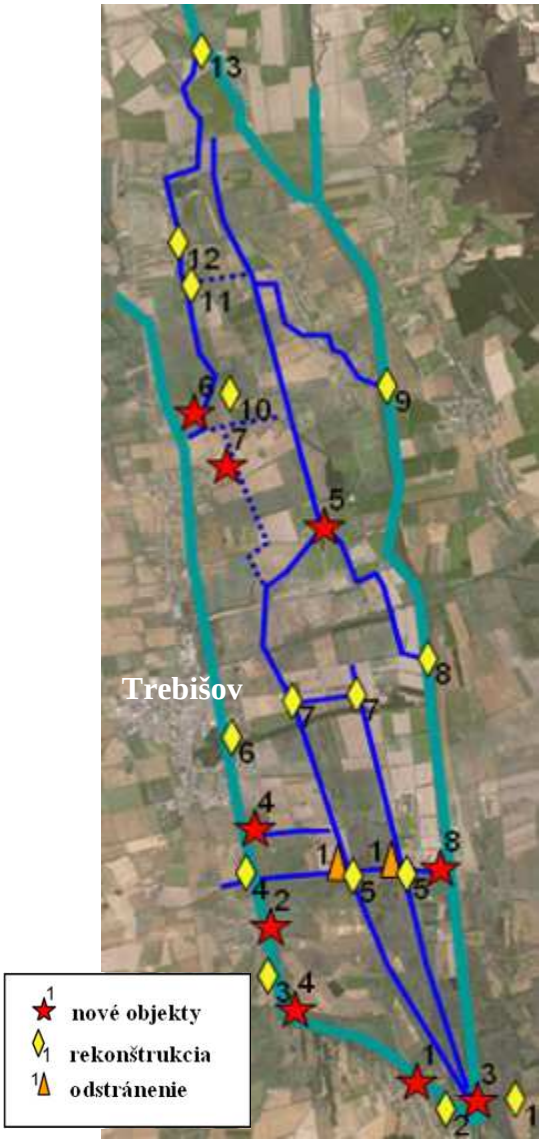
3.3. Priebeh projektu, spracovanie Projektového rozvojového plánu

Spracovanie projektu prebiehalo za úzkej spolupráce verejnosti (obce), dotknutých organizácií (poľnohospodári, správcovia infraštruktúry) a inštitúcií (samosprávny kraj, úrad životného prostredia, štátna ochrana prírody) aktívnych v tomto území. Stratégia prípravy projektového plánu v súlade s vyššie spomínanými kritériami bola postavená na diskusii s dotknutými subjektmi za účelom výmeny informácií, hľadania možnosti prepojenia vlastných zámerov, ktoré by vyústili do vzájomne akceptovateľných návrhov konečného riešenia. V rámci prvej fázy boli na základe úvodných konzultácií spracované prvé varianty tzv. scenárov opatrení. Celkovo boli spracované štyri scenáre od najmenej komplikovaného riešenia najnutnejších opatrení úzko súvisiacich len so samotným pilotným územím až po najkomplexnejší scenár zahŕňajúci celé povodie toku Trnávka. V rámci ďalšej spolupráce s verejnosťou boli tieto návrhy prerokované a po spoločnom záverečnom odsúhlasení vybraný scenár pre spracovanie konečného projektového plánu.

Definované ciele vyústili do návrhu aktivít rozdelených do štyroch hlavných okruhov:
- Ochrana pred povodňami
- Prestavba vodohospodárskej infraštruktúry
- Ekologické a rekreačné opatrenia
- Manažment údržby

Pri hľadaní možností pre retenciu veľkých vôd sa pozornosť sústredila jednak na návrh nových, resp. obnovu bývalých akumulačných priestorov – vodných plôch, ktoré by zároveň mohli spĺňať aj požadované funkcie pre zlepšenie ekologického stavu ako aj rekreáciu. Ďalšia retencia bola riešená v samotnom území ako riadená záplava nad úrovňou terénu, ktorá však vyžadovala podrobné zhodnotenie a prieskum územia z hľadiska jeho súčasného aj perspektívneho využitia a rokovania s dotknutými subjektmi. Výsledkom tohto procesu bolo vytipovanie predpokladaných možných lokalít pre takúto retenciu, ktorá je schematicky znázornená na obr. 5. Podstatným obmedzujúcim faktorom definovania možného rozsahu týchto záplavových plôch bola požiadavka zabezpečenia potrebnej úrovne ochrany urbanizovaných (Q_{100}) a poľnohospodársky intenzívne obhospodarovaných oblastí (Q_{10}). Je zrejmé, že územie určené na záplavu môže byť za bežných okolností využívané na určený účel, avšak za vopred dohodnutých podmienok medzi vlastníkmi (užívateľmi) pozemkov a správcom tokov bude toto územie sporadicky pri extrémnych povodňových situáciách zaplavované.





Obr. 5. Územia pre riadenú záplavu

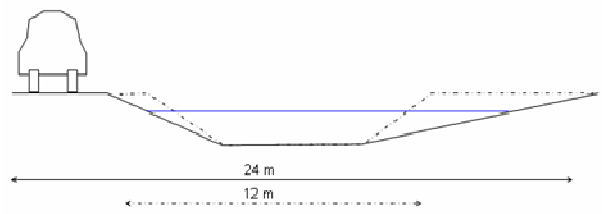
Obr. 6. Schematický prehľad riešených objektov

K zlepšeniu manažmentu mimoriadnych situácií má slúžiť návrh nových, resp. rekonštrukcia existujúcich prvkov vodohospodárskej infraštruktúry. Súčasne by sa mali odstrániť nefunkčné objekty. Tieto opatrenia (obr. 6) by mali viesť k bezpečnejšiemu vodohospodárskemu systému a uľahčiť jeho prevádzku. V rámci návrhu je uvažovaný celý rad opatrení, z ktorých uvedieme aspoň tie najpodstatnejšie: - objekty na odľahčenie povodňových prietokov na Trnávke (v nadväznosti na uvažované územia riadenej záplavy), výstavba doplnkových čerpacích staníc v niektorých obciach, rekonštrukcia čerpacej stanice Hraň, vybudovanie protipovodňovej ochrany prevádzkových budov správcu tokov nachádzajúcich sa v územiach s riadenou záplavou, rekonštrukcia významných hrádzových priepustov, zhybiek a pod. Okrem vodohospodárskych objektov sú v návrhu uvažované aj iné typy inžinierskych stavieb, najmä premostenia, ktorých prestavba súvisí predovšetkým so zvýšením ich prietokovej kapacity, v niektorých prípadoch v kombinácii so zámerom zlepšenia prístupov pre prevádzku a údržbu systému.

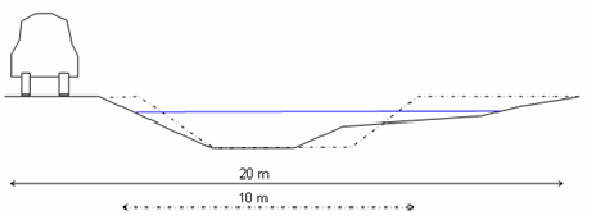
V súvislosti s uvedeným je potrebné podotknúť aj to, ako už bolo v úvode príspevku naznačené, že optimalizácia vodohospodárskeho systému nebola zameraná len na extrém povodní ale aj sucha. Niektoré z plánovaných zariadení sú preto navrhnuté tak, aby vedeli zabezpečiť funkciu dotovania a zadržiavania vody v území v čase jej nedostatku. Toto riešenie by mohlo napomôcť zhodnoteniu tejto lokality na jednej strane z pohľadu jej hospodárskeho využitia (najmä v severnej časti

záujmového územia - zvýšenie hladiny podzemnej vody, závlahy) a na druhej strane tiež z pohľadu environmentálnych prínosov.

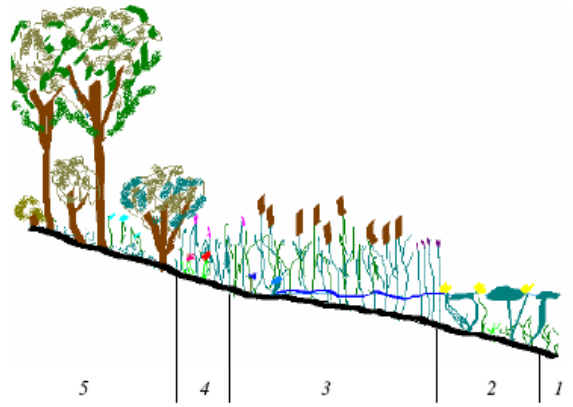
Ekologický a rekreačný význam vodných tokov ako aj záujmovej lokality ako celku je v súčasnosti značne limitovaný. Projektový plán načrtáva a popisuje možnosti, ktoré by v súčinnosti s navrhovanými vodohospodárskymi opatreniami mohli prispieť k zlepšeniu situácie aj v tejto oblasti. V projekte sa navrhuje napr. prebudovanie priečneho profilu korýt hlavných tokov (kanálov) na tzv. prírode blízky tvar (obr. 7), pričom by ich prietokové parametre zostali zachované alebo dokonca boli vylepšené. Takéto riešenie dáva priestor pre podporu ekológie, prispieva k zdravému vodnému systému a zároveň významne mení spôsob údržby. Navrhovanou zmenou sa v mnohých prípadoch údržba presunie len na jednu stranu toku, čím sa výrazne zníži jej náročnosť. Avšak pre uskutočnenie týchto úprav je treba mať na zreteli úvodné náklady spojené so získaním potrebných pozemkov.



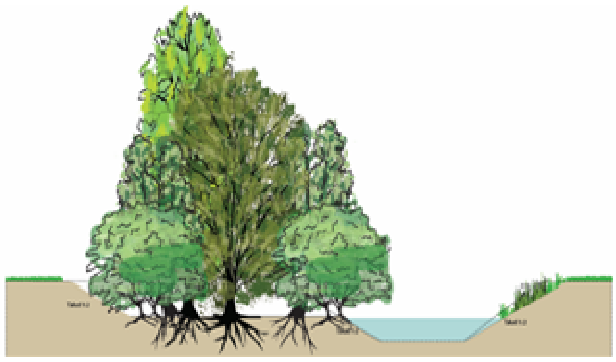
a) Zmiernenie sklonu svahov kanálov, jeden breh koryta ponechaný bez údržby



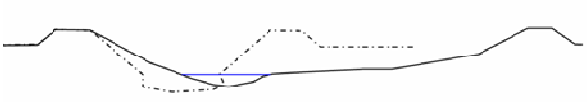
b) Dvojitý priečny profil, zmiernenie sklonu svahov, berma a príslušný breh ponechané bez údržby



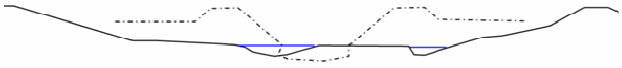
c) Charakteristický priestorový reťazec typov vegetácie pri návrhu prírode blízkych brehov koryta.



d) Dvojitý priečny profil s vysokou vegetáciou na berme



e) Jednostranné rozšírenie priečneho profilu Trnávky



f) Obojstranné rozšírenie Trnávky s bifurkáciou kynety

Obr. 7. Príklady úpravy priečnych profilov korýt

Rieka Trnávka pretekajúca mestom Trebišov je s ním oddávna úzko spätá a hrá dôležitú úlohu v jeho rozvoji. Jej význam v tomto vzťahu nemožno vnímať len z hospodárskeho, či ekologického hľadiska, ale v súčasnosti aj z rekreačného. Požiadavka na túto jej funkciu narastá stále viac. V súvislosti s jej prestavbou je možné využiť daný potenciál územia na posilnenie aj tohto jej aspektu. Zmenou priečneho profilu sa zlepší prístup k vodnému toku, vytvoria sa možnosti pre tvorbu oddychových zón pri vode, rybolov a podobne. Spevnením koruny hrádze, ktoré by malo prioritne slúžiť na uľahčenie presunu techniky pri výkone oprávnení správcu toku, je možné prispieť napr. k rozvoju stále viac obľúbenej cykloturistiky, jazde na kolieskových korčuliach a pod. Tieto ako aj iné zámery pre rozvoj rekreácie spracované v projekte sú v súlade s rozvojovými plánmi mesta a obcí, ktoré majú ambície

pozdvihnúť svoje aktivity v tomto smere a nezostať len na lokálnej úrovni. Táto myšlienka pri uvážení pripravovaných podobných zámerov na úrovni regiónu je veľmi perspektívna.
Dôležitou súčasťou projektu v nadväznosti na spomínané navrhované technické opatrenia je spracovanie plánu riadenia údržby vodohospodárskej infraštruktúry tak, aby údržba bola v budúcnosti dobre štruktúrovaná, riadená a kontrolovaná. Pre spracovanie plánu údržby projekt zadefinoval základné potrebné aktivity z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska. Jednou z hlavných podmienok efektívnej údržby je používanie moderného vybavenia a mechanizácie. Táto problematika bola v projekte takisto zanalyzovaná a bola navrhnutá nevyhnutná skladba strojného vybavenia pre pilotné územie s vyčíslením predpokladaných nákladov na zakúpenie potrebných mechanizmov.
Všetky navrhnuté opatrenia riešené v rámci jednotlivých aktivít boli v závere zhodnotené a zoradené podľa priorít. Odhadované celkové investičné náklady na navrhované opatrenia by podľa projektu mali dosahovať úroveň 48,3 mil. €. Spracovaný projektový rozvojový plán je vhodným podkladom pre ďalšiu podrobnejšiu prípravu opatrení a uchádzanie sa o dostupné finančné granty na ich realizáciu.

3.4. Aktuálny stav

Na základe stanovených priorít bolo v prvej etape do podrobnejšej projektovej prípravy vybraných päť opatrení, ktoré sú pre zahájenie realizácie projektu najnevyhnutnejšie. Ich príprava bola na základe extrémnych povodňových udalostí v roku 2010 zaradená do investičného plánu podniku ešte počas projektu v roku 2011. Ide o opatrenia bezprostredne súvisiace s problematikou odľahčenia povodňovej vlny toku Trnávka do chráneného územia na jej ľavej strane. Predmetom sú nasledujúce stavby:

- Rekonštrukcia ČS Hraň (výmena technológie, ochrana proti zaplaveniu)
- Rekonštrukcia strážneho domu a hospodárskych budov (nutná rekonštrukcia stavebnej časti, ochrana proti zaplaveniu)
- Bezpečnostný priepad na ľavostrannej ochrannej hrádzi Trnávky v rkm 4,7 v dĺžke 155 m
- Hrádzové stavidlo na ľavostrannej ochrannej hrádzi Trnávky v rkm 14,1
- Regulačný objekt na Mano kanáli v rkm 0,5 (počas povodne má usmerniť povodňové prietoky do kanálovej siete, v čase sucha dotovať kanálovú sieť biologickým prietokom, resp. závlahovou vodou)

V prvom kroku boli pre tieto objekty spracované stavebný zámer, technicko - ekonomická štúdia a zámer EIA, na čo časť finančných prostriedkov poskytla aj holandská strana. Následne bolo zrealizované geodetické zameranie ako podklad pre spracovanie nasledujúcich stupňov projektovej dokumentácie.

4. Záver

Prezentované projekty demonštrujú pozitívne príklady aktívneho podielu správcu toku na integrovanom plánovaní v povodí. Zdôrazniť treba predovšetkým prácu s verejnosťou, čo historicky nebolo v rámci plánovacích procesov zvykom v našich zemepisných šírkach. Aj keď sa v niektorých prípadoch návrhy na zmenu hospodárenia s vodou a netradičné pohľady na túto problematiku nestretli s pozitívnymi ohlasmi, je možné tento proces hodnotiť ako prínos. Spolupráca s verejnosťou v rámci vodného plánovania by totiž nemala mať význam len z pohľadu vyvarovania sa možným stretom záujmov, či hľadania spoločných východísk a cieľov, ale mala by mať takpovediac aj výchovný efekt. Povedomie spoluzodpovednosti za ovplyvňovanie vodných pomerov v území a rešpektovanie daných zákonitostí, ktoré sa v časoch direktívneho plánovania z verejnosti vytratilo je potrebné do ľudského myslenia opätovne prinavrátiť. Zvýšenie tohto povedomia v budúcnosti určite prinesie zlepšenie podmienok pre takéto plánovanie a realizáciu potrebných opatrení.

Zoznam literatúry:

Projektové podkladové materiály

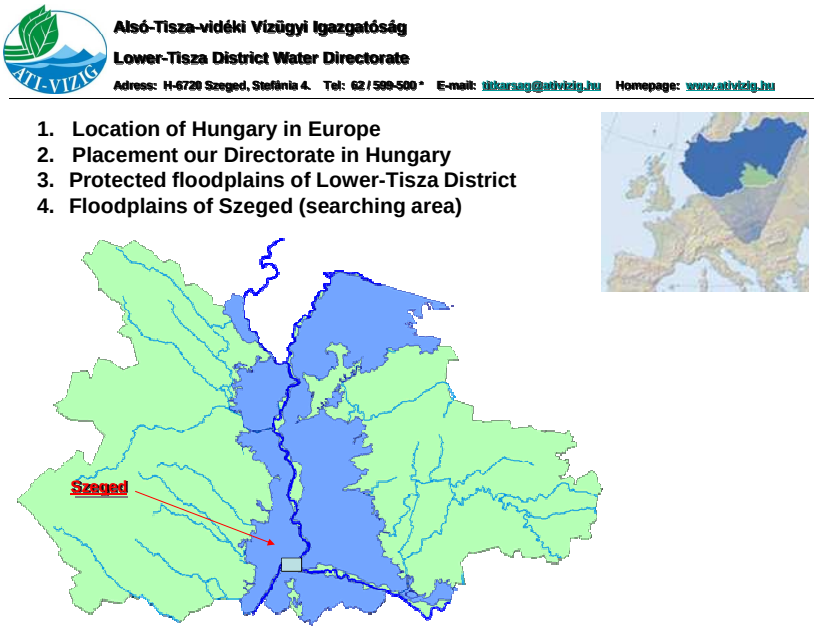
Floodplain Management Plan of the Tisza river in Szeged

Tibor Borza
Lower-Tisza District Water Directorate
Szeged
borzat@ativizig.hu

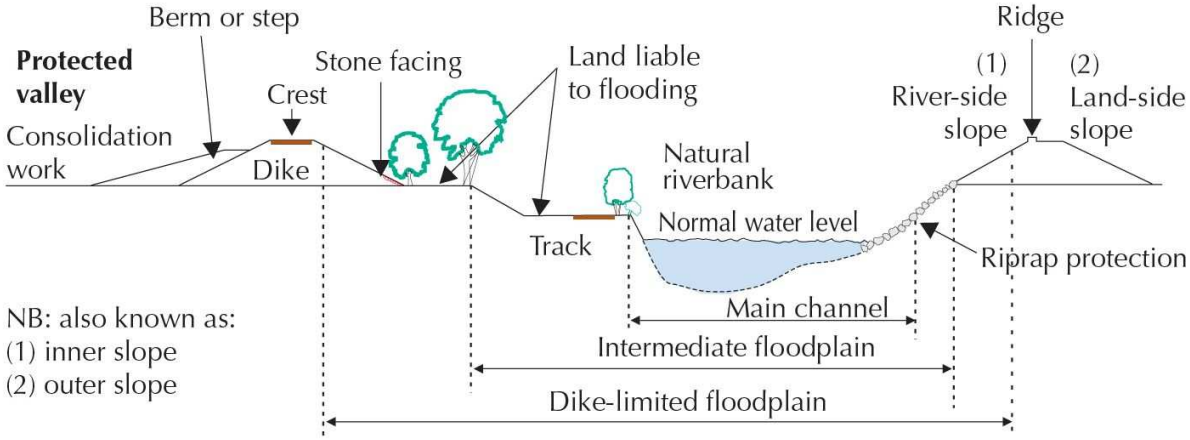
Abstract
The main purpose of floodplain management is to reduce flood damage. Floodplain management is the operation of community programs for preventative and corrective measures. These measures take a variety of forms and generally include zoning, subdivision or building requirements, and special-purpose floodplain ordinances. Usage and conditions of floodplains has significant influence into its flood drainage ability, hereby it impresses to floodrisk. That is why so important common activities which doing in floodplain, be well regulated by correct rules. Necessary to observ the building structures for recreation area located on the floodplain, agricultural and sylvicultural activities, but we need to search drainage ability influenced by bridges too. There is extensive work in progress in Hungary, which is technical planning on the one part and law creation on the other part.

Key words
Flood, floodplain, drainage ability, regulation, plan, levee, river, primary drainage zone, secondary drainage zone, tarsitional zone, still water zone.

Chapter 1: Introduction
Hungary is located Central Europe in Carpathian Basin. Discharges of entering watercourses into the country 114 km3/a, and the annual leaving Discharges 120 km3. The insignificant difference comes on the territory of the country's rainfall and evaporation. The area of Lower-Tisza District Water Directorate the country's southern and south-eastern region.



There are 322 kilometers flood protection dikes in the area of our directorate to protect territory marked in blue of this picture. The city of Szeged is located at the mouth of the river Maros. Our study area falling to the floodplains of the city of Szeged.
English language identifying parts of the floodplain area between the dikes shown in the picture below. Primarily we exemine the dike-limited floodplain.



In Hungary, the use of floodplains regulated by the existing 21/2006 Government Decree. The Decree provides that the usage possible according to Floodplain Management Plans. Almost any construction activity is prohibited in the absence of Management Plans. Only the water management or public works can be established.
Preparation of Floodplain management Plans are currently progress in our country under a national program. The first step was designated of three sample areas, order to prepare sample plans, one of which is located in Szeged.
Main aims of the sample plan to prepare:

- building regulations
- define agricultural and sylvicultural activities
- developing recreation area
- creation rules for floating houses

Specifications created to achieve these goals must take into consideration that the floodplain is the primary place of flooding. Targets only be realized at the same time reducing the risk of flood.
Content of Floodplain Management Plan:

1. Description of existing condition
2. Examinations on basis for regulations
3. Regulations
4. Attachments

Chapter 2: Description of existing condition

The planning was started by analyzing existing conditions.
2.1 Territorial scope: It was limited the field of research. We made a detailed site plan about floodplain area bounded by dikes of the Tisza and Maros rivers. The Tisza river 167.900 rkm to 184.760 rkm more than 14 km long river section an average width of 600 m, but characterized by narrowing of the downtown

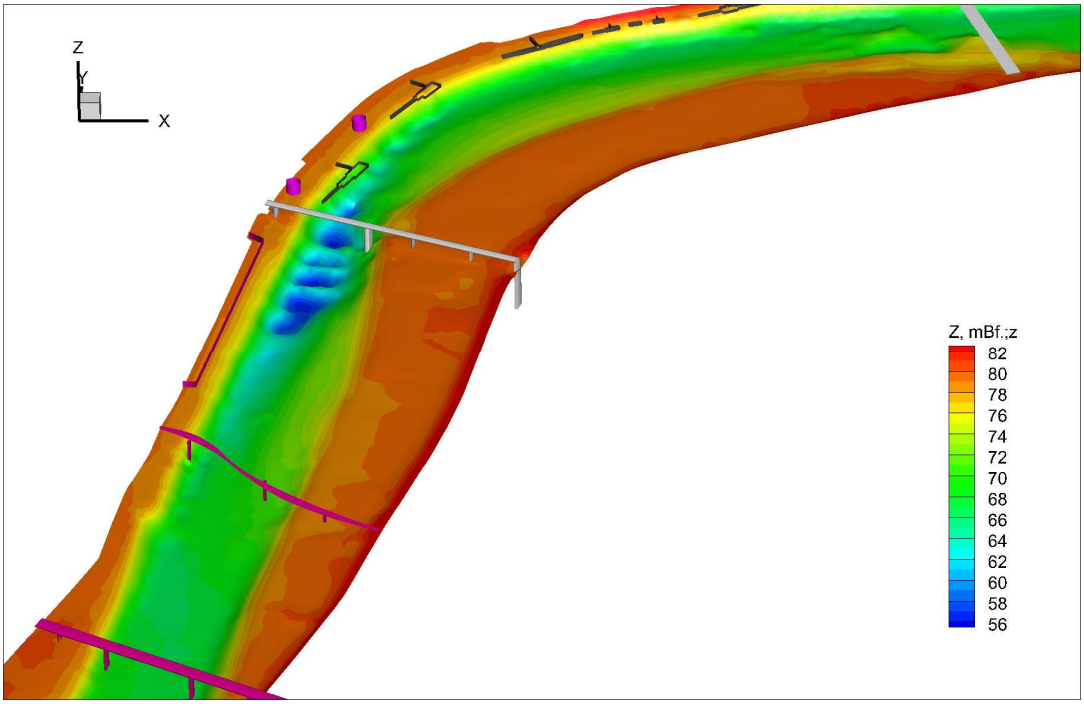
section.



2.2 Property relations: Also shown in the site plan specific ownership. In addition to the predominantly state-owned land appears the local government property, the private property and the property of societies too.
2.3 Spatial- and urban structure planning: It is essential that the upcoming flood bed Management Plan consistent with existing land-use planning and urban construction plans. To this end, we looked at the national, county and city development plans.
2.4 Detailed description of the the status of river section: We examined several aspects of the current situation. The hydrological characterization extends to the water regime, the typical water levels, bend conditions, river regulation works and the distribution of the flood protection system. We examined the existing land use and building regulations.

Chapter 3: Examinations on basis for regulations

3.1 Model test: The area has a two-dimensional numerical hydraulic model study. Following a detailed geodetic survey recovered from a digital terrain model in which we show both existing and planned facilities of the floodplain. We examined the effects of runoff on the floating facilities. The following picture shows the digital terrain model with the depth of the river,existing facilities in gray, planned facilities are shown in purple and dark color the floating houses.



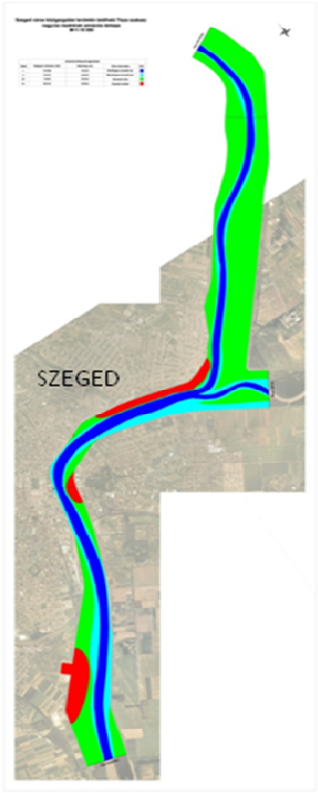
Survey of existing recreation areas was paid close attention, in order to reflect the reality of the model. We surveyed houses built on poles, buildings constructed on the ground level and the height of the fences too. The data which were obtained we integrated into our model.



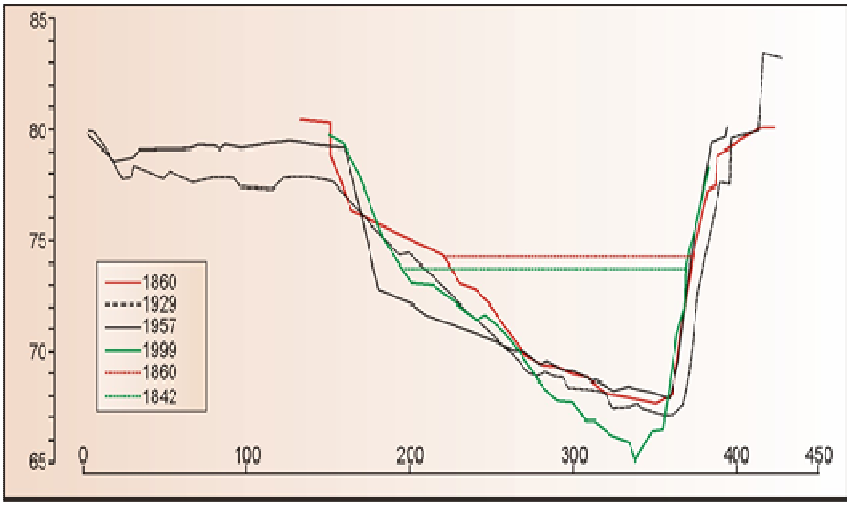
The calibration was carried out with extraordinary flood discharge and water level of the 2006th year. We get information by running model about how change the effect to the flood drainage ability of the floodplain, when changing the rate of built-up areas, agricultural and sylvicultural activities or realizing planned facilities (bridges, parking places,ect.).. The reliability of the model is confirmed because despite of the erosion exposed on the right bank the speed field animation shows the water flowing back. At the upper end of the The Tisza Lajos street in the floodplain sludge accumulation is observed regularly.



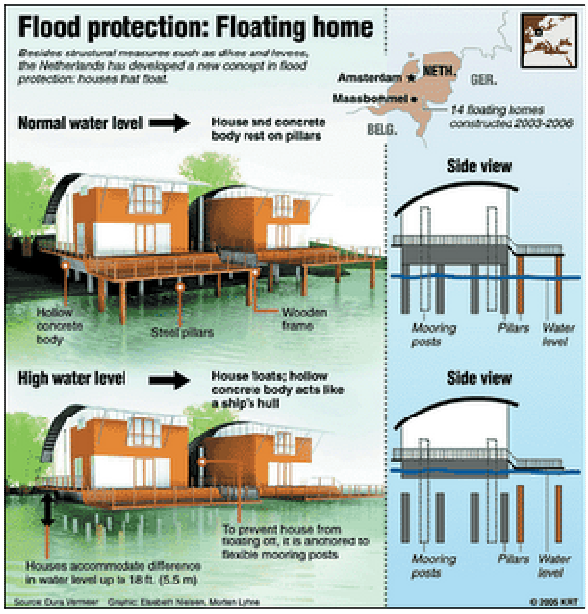
3.2 Zonation: Using the model output data the floodplain divided into zones. The specific discharge speed data and speed data was divided into intervals, that can help four zones were distinguished (primary drainage zone, secondary drainage zone, transitional zone, still water zone)



3.3 Floodplain accumulation: After each flood waves sedimentation can be experienced in the floodplain. The available data, previous survey were compared with the current cross-sections.



3.4 International examples: We have examined what kind of examples are in the world riverside towns for using the floodplains. We can not ignore the different water regime as a result of a variety climate conditions.

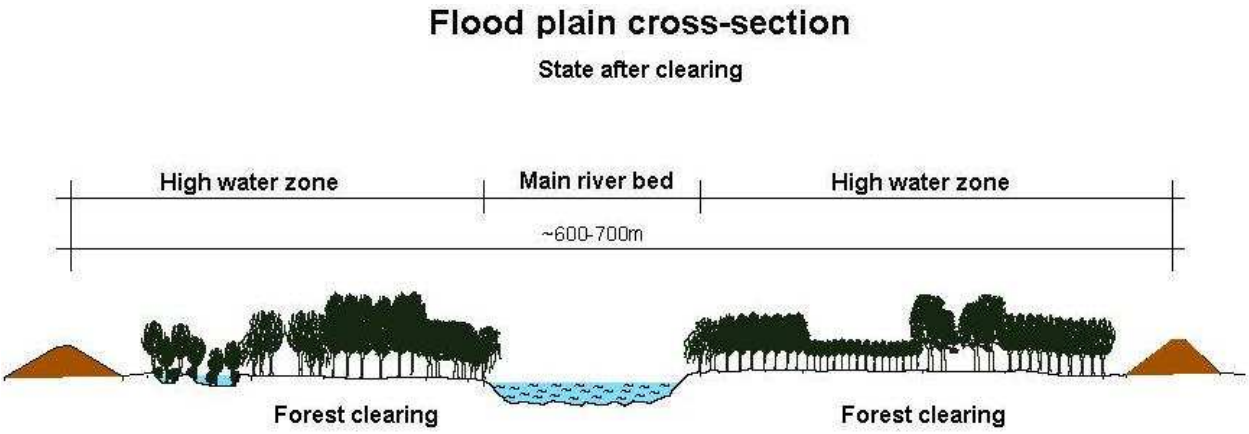


Chapter 4: Regulations

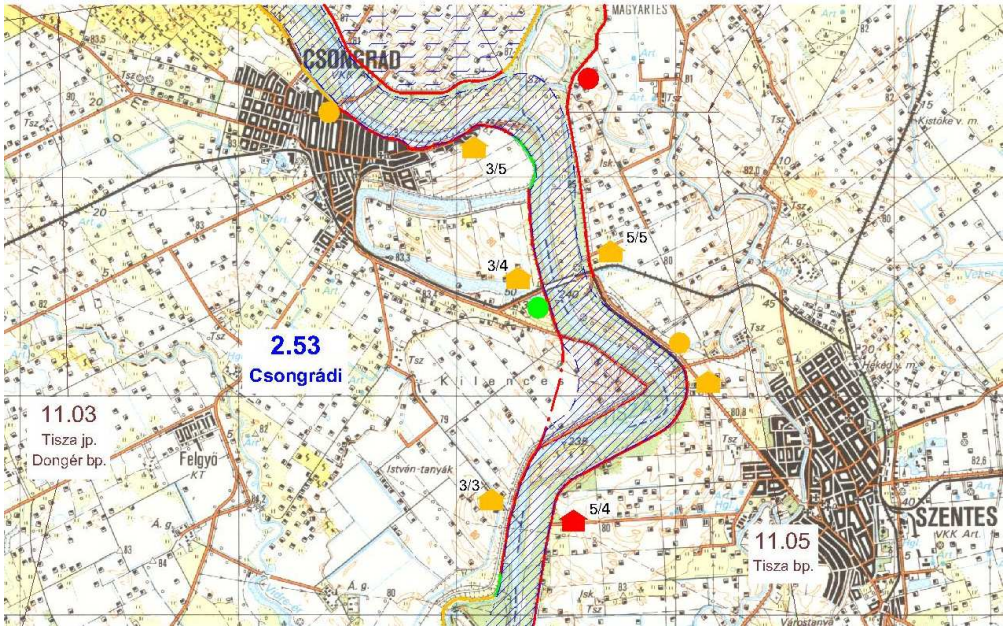
To achieve the above mentioned objectives, we formulate the following rules and designed interventions:

1. Improving the flood drainage capacity:

a. Design flood drainage lanes by vegetation control. It is necessary to create 600 m wide so-called drainage zone on the Tisza River floodplain, and important the maintenance of this zone for derivation the flood fast and safe. This can be achieved primarily with vegetation control and suitable forestry management. Shown in the figure agreed to forest managers runoff helping forest structure.



b. Relocation of levees. It is not possible on our study area to change the line of dikes because of the proximity of the city, but operating area of our Directorate can be found such examples. Relocation of levee on the right bank of Tisza river under Csongrád city would help the runoff as we can see in the picture.



c. Flood sharing options. It would significantly increase the flood protection safety of Szeged, if we design water transfer possibility into Aranka flow system as shown in the picture. The Aranka stream is very close to the Mures River (a few kilometers) in Romanian territory. Szeged would be exempt from the risk of unification the floods of Tisza and Maros by building a large sluice structure with connecting channel at this point. Realization of the intervention affects Serbia as well.



2. Shipping and ports: Moorings conditions of floating structures located in downtown section of Tisza are not currently included in the Rules. Potential approach and public utilities of the floating units we have arranged by rules.
3. Building regulations: The current rules do not allow private construction activity in the floodplain even nor in designated recreation areas. The now developed rule system is based on spatial distribution of modeling zones. Special instructions will be issued at the primary-, secondary drainage zones, and others in the transitional zone or the still water area. The primary discharge zone construction is prohibited remains, however, in the still water zone it is allowed with building floor levels above the maximum water level. The questions of permissibility for existing building occupancy will be answered by new regulations too. It also dealt with the possibility of positioning mobile buildings related to different events.

Chapter 5: Attachments

The Floodplain Management Plan has attachments such as a technical design documentation.

1 General site plan
2 Detailed site plans (land using, zonation)
3 Cadastral map
4 Longitudinal section
5 Sample cross-sections
6 Cross-sections
7 Hydrodynamic Study

Catchment flood protection programmes in the Vistula and the Oder basins and the natural disasters risk levels

Jan Winter, Anna Kosik, Institute of Meteorology and Water Management National Research Institute, Warsaw, Poland, jan.winter@imgw.pl , anna.kosik@imgw.pl

Abstract: Catchment flood protection programmes in the Vistula and the Oder basins and the naturals disasters risk levels were described in this article. The definition of risk, catastrophe and natural disasters were presented, as well as natural disasters categories.

Key words: risk, catastrophe, natural disasters, risk management, flood protection

1. Natural disasters and crisis management

1.1. Risk, catastrophe, natural disaster - definitions

Natural calamities are heard of or experienced more and more often. This growing number of information is undoubtedly due to the media presence and activity and triggers the search for answers to questions about the possibility and the frequency of future events as well as their consequences. It is also reflected in designing security systems, able to recognise the risks, limit their occurrence and minimise the results in case they do happen (Kostrzewa, Sosnowski 2010).

A natural catastrophe is defined as an unexpected and unfavourable change in the environment having a negative impact on humans and facilities, both existing and under construction. According to Lisowski (Lisowski 1993) and Lorenc (Lorenc 1999), in social sciences and informal language the term usually concerns events due to which there are victims to be attended to and restoration is complicated and long-lasting. In international sources it is usually defined by the number of fatalities- more than 10, the number of casualties- more than 100 and financial losses- exceeding 1 million USD or the need of international help (Lorenc 1999).

If the reason for the unexpected changes is a technical failure, then we deal with a technical catastrophe. A catastrophe is the result of an event actually taking place. When an event is possible to happen then it is defined as a risk. As there is not a big difference between the two terms for the purpose of this article, a cause- effect relation is applied, thus as long as an event does not take place it is called a risk and when it happens it becomes a catastrophe. A risk should be understood as the probability of an occurrence of an event both random and on purpose which may negatively affect the political and economic operations of the country, the people's well being and the natural environment.

A natural disaster is another term that calls for a definition. It is a catastrophe affecting a vast area and big number of citizens. The relationship between a risk a catastrophe and a disaster is graphically presented below in Fig. 1. (Winter 2011).

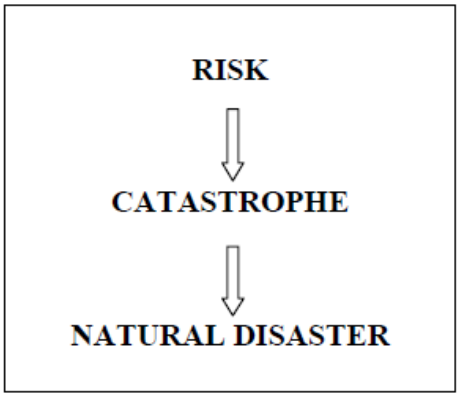


Fig. 1. The relationship between a risk, a catastrophe and a natural disaster (Winter 2011).

In Polish legal nomenclature a natural disaster is defined according to a decree of 23 April 1953 concerning benefits aiming at natural disasters control, where „natural disasters are all natural events posing a risk to life and possessions of a significant number of people or likely to cause significant disruptions to the state economy, especially to public communication in cities due to excessive snowfall which abatement requires organised action" (Decree, 1953). At present a more accurate definitions are in Article 3 of Natural Disaster State Act and they are as fallows:

1. NATURAL DISASTER - it is a natural catastrophe or a technical failure which consequences pose a risk to life or health of a large amount of people, or property in significant number or to a natural environment on a vast area and the help and protection can be provided only by special means with cooperation of various authorities, institutions as well as special forces and formations under unitary command.
2. NATURAL CATASTROPH E - an event associated with forces of nature, especially atmospheric discharges, seismic quakes, strong winds intensive downpour, long-lasting extreme temperatures, landslides, fires, droughts, floods, ice occurrences in rivers, seas, lakes and water reservoirs, masses of pests, plant and animal diseases or contagious diseases in people or an activity of a different force.
3. TECHNICAL FAILURE - a violent and unexpected failure or damage of a construction facility, technical appliance or a system of technical appliances causing a break in operation or losing their properties.
4. A terrorist activity can also result in a natural catastrophe or a technical failure.

1.2. Natural disasters categories

There are a lot of possible risks in today's world. A following division with respect to the source can be introduced:

- natural risks connected with the activity of the forces of nature;
- technical risks, caused by industrial and civilisation development;
- terrorism;
- other risks due to socio-political changes, ethnic and religious tensions etc.

A conclusion can be drawn when analysing natural disasters that the occurrence of certain risks can be associated with different geographical and climatic zones. There are 3 mayor areas which can be discriminated according to certain natural risks (Lorenc, 1999):

1. Equatorial zone, with dangerously vast and intensive natural events:
   a) tropical cyclones including tornadoes and tycoons of a various destructive force;
   b) local winds desert regions;
   c) earthquakes and volcanic eruptions;
   d) tsunamis;
   e) calamitous droughts or excessive downpour and floods of big rivers, including events connected with El Nino or monsoons;

f) UVB radiation;
g) dust storm;
h) desertification of areas of economic interest.

2. Moderate zone (including Poland) under risk of the following extreme natural events:
   a) hurricane speed winds appearing in certain meteorological conditions related to general atmospheric circulation in this zone;
   b) local dynamic winds in highland and mountain areas;
   c) local tornadoes of hurricane wind speed;
   d) droughts and floods;
   e) extremely cold or specially mild winters;
   f) extreme snowfalls, snowstorms and blizzards;
   g) various ice build-ups of snow, hard rime or clear ice as well as fog;
   h) earthquakes and volcanoes;
   i) snow and mud avalanches;
   j) UVB radiation and low-troposphere ozone.
3. Arctic zones at risk of changing ice range, ice banks drift as well as eruptions of volcanoes or geysers.

Realizing that such a wide scope of possible natural risks should mean to be prepared for every one of them, on condition that each of them is researched into, the community has been warned and that the occurrence of any of the events mentioned above is concerned in the economical strategies of the state. All in all, natural risks may result in the following natural catastrophes:

- floods;
- strong winds;
- intensive precipitation;
- extreme heat of frost;
- droughts;
- ice occurrences in rivers, seas, lakes and water reservoirs ;
- seismic quakes, tectonic movements, earthquakes;
- landslides (mass earth movements);
- mud floods;
- massive pests;
- epidemics: diseases of plants, animals or people;
- fires (according to the State of Natural Disaster Act);
- volcanic eruptions, asteroid impacts.

In Poland, the most frequent natural catastrophes are due to excessive precipitation.

1.3. Natural risks and risk management

In the classic risk management theory there are three main solutions when fighting risks:

1. elimination - total liquidation;
2. overcoming - building an environmentally friendly civilisation;
3. avoidance.

The problem appears if the risk can be liquidated. It seems that a natural risk can never be eliminated thus in case of natural risks as well as catastrophes, the above classification is not enough as e.g. a flood cannot be avoided. In that case there is a need of the fourth category (Winter 2006)

4. losses limitation.

Tab. 1. The annual number of days in each of the voivodships with a risk level caused by downpours and violent storms.

Year	Risk level	Total	Dolnośląskie	Kujawsko-pomorskie	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warmińsko-mazurskie	Wielkopolskie	Zachodnio-pomorskie
2012	1	**4**	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–	–	–	–	2
2011	1	**165**	4	4	4	4	7	35	9	5	33	6	2	31	3	5	4	9
2010	1	**226**	11	8	16	11	18	21	18	11	21	18	6	14	15	15	13	10
	3	**8**	–	–	1	1	1	1	0	1	2	–	–	1	–	–	–	–
2009	1	**60**	8	–	2	3	7	7	5	2	5	1	3	7	4	2	1	3

Tab.2. The annual number of days in each of the voivodships with a risk level caused by floods and partial inundations.

Year	Risk level	Total	Dolnośląskie	Kujawsko-pomorskie	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warmińsko-mazurskie	Wielkopolskie	Zachodnio-pomorskie
2012	1	**17**	1	–	–	–	1	1	2	–	1	1	2	2	1	3	–	2
2011	1	**290**	11	13	25	35	11	4	44	8	5	32	8	2	4	23	31	34
2010	1	**279**	10	10	53	13	7	20	73	13	15	3	3	9	18	3	17	12
	2	**5**	1	–	1	–	–	–	–	–	1	–	–	1	–	–	1	–
	3	**367**	28	28	28	28	24	33	30	26	24	–	28	27	17	–	26	20
2009	1	**59**	13	–	1	5	4	7	5	5	6	–	2	6	4	1	–	–

2. Natural disaster risk levels in Poland

The analysis of the risk levels In Poland was based on 24-hour reports of the State Safety Centre. The reports have been created since 23 March 2009 (RAPORT 1/2009 from 00.00 20 March 2009 to 24.00 22 March 2009) until the present day (Grosset, Janowczyk, Winter 2012). Tables 1 and 2 contain data until 29 February 2012 associated solely to floods. The risk levels were based on the National Crisis Management Plan and divides risks according to the necessary actions:

- 0 – No events – routine services actions;
- 1 – Risk management on the local or the voivodship level (yellow in tables);
- 2 – Risk management by one ministry (orange in tables);
- 3 – Risk management by a few ministries (red in tables);
- 4 - State of natural disaster, war.

3. Best solutions for flood (effects) mitigation - criteria of choice

There are many methods and means of protection against foods. Mitigating the flood losses can be achieved by technical administrative (legal and organisational) and economic solutions as well as environmental and natural solutions which can be also called technical and non-technical means respectively (Winter 2006).

Technical means are applied to direct high water in a controlled and safe manner. They include:

- construction of various water reservoirs,
- adaptation of the catchment area by the establishment of polders and increasing the natural retention,
- river regulation, construction of relief channels,
- dykes construction, etc.

Non technical methods are all the legal regulations, including those concerning areas endangered by floods. Administrative means include orders of authorities aiming at increasing the flood security level and ad-hoc actions before and during floods. The improvement of the warning system, rescue system and other immediate response systems is also in this group. Spatial management is by far the most important tool for flood prevention yet often underestimated. Floods clearly prove what are the mistakes in this field. Fortunately, the flood protection specialists are aware that the issue requires complex solutions. Precautions should be applied collectively and complementarily. The losses should be limited as they depend not only on the flood size and character but also on the fact that there is a growing number of man- made facilities on flood plains. It is the reason why complex solutions including spatial planning were appreciated. Such an approach helps in the coordination of activities and the grounds for choice of the best solutions include:

1) Need prioritising considering the following:
    - human life,
    - special facilities,
    - property,
    - animals,
    - cultural heritage;
2) Evaluation of resources including financial possibilities -
    - spendings on protection shuld be compared with possibile losses due to floods and the value of protected goods,
    - the infrastructure cost cannot exceede the value of the protected property;
3) Determination of deadlines for required actions, namely:
    - ad-hoc,
    - short- term,
    - long-term.

4. The Vistula and The Oder Bains flood protection programmes

4.1. The 2006 Oder Programme

The first complex flood protection programme with a basin approach was designed by J.Winter and J.Zaleski. The purpose for the Programme is to establish an effective water management system including the needs for flood protection, as well as for the environment and water quality protection but also the requirements of the transportation, economy and consumption (Zaleski, Winter 2000).

The Great July Flood of 1997 its catastrophic scope and consequences clearly proved the need for a programme which was not to be an element of the water management aiming at, for example, the improvement of navigation conditions but rather it should be seen as a complex water management programme of the Oder catchment area. It must be an integrated system of legal, organisational and technical solutions for the whole area with a special attention to flood protection aspects. Thus, the following activities are planned in *The Oder* Programme:

- liquidation of flood losses,
- construction of both passive and active systems of flood protection,
- water quality and environment protection, ,
- adjustment of the Oder Waterway to the third class parameters, including local requirements and possibilities as well as reaching higher class parameters in parts of the river before the due date, corresponding to the international requirements.

The programme's flood protection is the grounds for a unitary basis to establish a research of the flood protection for individual voivodships of the Oder catchment area. It is also the foundation for projects to restore the damages caused by the flood of 1997. The programme also set the directions of the general remodelling of the whole system of basin protection for the Oder River to protect big residential estates as well as industrial facilities more effectively. It also set priorities and the order of investments in the area. The transportation aspect of the Oder and the possibilities to use the connection to the Western waterways through the channels The Oder - The Szprewa as well as The Oder- The Havela should not be overlooked either. The main activities focus on water quality and environment protection. Sustainable development and integrated water management are the basis of all the actions in the *2006 Oder Programme*.

4.2. The Upper Vistula flood protection programme

The purpose of the *Programme* which was designer in response to the consequences of the floods from the years 2001- 2006 was to increase the flood safety in the upper Vistula area through:

1) Effective planning and implementation of the precautions;
2) Preventive activities development prior to limiting of the flood risk, aiming at spatial planning and limiting the development of the flood plains. Those actions are in line with economic justification of the planned precautions and allow for their suitable spatial planning

The scope of *the Programme* covers:

a) Evaluation of the present flood protection potential and the present and future needs;
b) Identification- locally justified and conditioned directions of the catchment area protection and subsequent necessary precautions and protective measures;
c) Actions for limiting the flood range including:
    - Technical means such as controlled retention of the reservoir as well as retention adjustment of the area compensating the facilities and growing infrastructure, polders,
    - Non-technical means such as natural retention increase combined with ecosystem protection;

d) Actions aiming at limiting the range and consequences of floods including River banks development and riverbed reinforcement, dyke construction, relief channel as well as other facilities or actions serving this purpose;
e) Adjustment of spatial management and introduction of restrictions in flood plains development as preventive measures of limiting the consequences of the floods;
f) Instructions for the emergency services in accordance with crisis management operations plans about the potential risk of failures, especially dyke breach and bridge failures;
g) Education as preventive measures.

The Programme effects:
a) Prioritisation of the investment as the foundation of flood protection plans;
b) Coordination of flood protection actions with the ecosystem protection actions as recommended in the General Water Directive;
c) Coordination of operations concerning the failure risk of facilities;
d) Supporting fund raising activities especially aiming to obtain the European Union funds;
e) Integration the communities and local authorities as well as MPs and national structures around *the Programme* as well as lobbying for its implementation.

4.3. The Middle Vistula flood protection plan

The purpose of *The middle Vistula flood protection plan* is to establish an operational tool diminishing the flood risk in the Middle Vistula river basin. *The Plan* includes priority initiatives guaranteeing safety of the catchment area in accordance with environment al and cultural values (Program 2012).

During the last 10 years there has been two major floods in the Middle Vistula River basin, putting human life in danger and causing huge material losses. The flood of 2010 resulted in especially significant losses as well as portrayed the ineffectiveness of the flood protection infrastructure existing at the time and the lack of integrated actions in flood wave management by different entities in emergency. The size of losses of the last year's flood amounts to 2.9 million Euro. The number corresponds to about 1% of PKB for 2009 what allowed the European Commission to apply for the payment for losses of the flood of 2010. The Ministry of Internal Affairs and Administration has already spent 3,216,293,000 zloty. Poland has also received 105,5 Euro, 422 million zloty as financial aid from the EU Solidarity Fund for voivodships which were affected by flood of 2010.

Such significant spending on restoration the significance of national protection programmes is increasing. There has not been a plan for the middle Vistula river basin aiming at systematic safety increase of flood protection in the river basin just as it was conducted for the Oder and upper Vistula programmes.

5. Conclusions

Flood is a natural phenomenon resulting in big losses. However they can me limited either by a clear policy in fields of spatial management, flood protection and suitable crisis management.

The national and local activity should play an important part in both the prevention as well as mitigation of the consequences of the flood. Public safety is one of basic social needs and therefore should be given a certain amount of authority when managing flood risk. Consequently, awareness of the basic methods as well as activities including:

- flood risk evaluation on the grounds of flood risk level zones;
- limitation of the flood plains development,
- modernisation and preparation for floods of the facilities built on flood plains,
- preparation of local warning systems enabling to organise and effective operations of preventive Or emergency measures,
- education of the local community as well as authorities,

- shaping public opinion about preparation to flood management and damage limitation.

Polish flood protection project contains all these aspects. In conclusion, it is worth to ask a question if we can protect ourselves from floods. The answer must be *no* but it is possible to limit the flood damages radically. Complex flood protection programmes are designed only for this purpose.

Bibliography

1. *Dekret z dnia 23 kwietnia 1953 r. o świadczeniach w celu zwalczania klęsk żywiołowych (Dz. U. Nr 23, poz. 93, z późn. zm.).*
2. *Grosset R., Janowczyk B., Winter J.: Ocena zjawisk ekstremalnych występujących na terenie polski w aspekcie kosztów i zagrożeń. IOŚ, Warszawa, marzec 2012 r.*
3. *Kostrzewa E., Sosnowski A.M.: Ryzyko w budowaniu systemu zarządzania kryzysowego w Polsce. Ryzyko w problemach zagrożeń środowiska pod redakcją M. Maciejewskiego i M. Ostojskiego. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2010.*
4. *Lisowski A.: Skutki występowania zagrożeń naturalnych i ich percepcje w Polsce. UW. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych. Warszawa 1993.*
5. *Lorenc H.: Wiatr jako element zagrożenia. Współczesne problemy ekstremalnych zagrożeń środowiska. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 1999.*
6. *Program bezpieczeństwa powodziowego w regionie wodnym Środkowej Wisły – projekt (wersja pierwsza). Warszawa, grudzień 2012.*
7. *Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej (Dz. U. z 2002 r. Nr 62, poz. 558 z późn. zm.).*
8. *Winter J.: Czy możemy obronić się przed powodzią?, Hydrotechnika VIII'2006, Sympozjum Ogólnokrajowe, Ustroń 9-11 maja 2006 r. Śląska Rada Naczelnej Organizacji Technicznej FSNT w Katowicach, Katowice 2006.*
9. *Winter J.: Planowanie ochrony przeciwpowodziowej a zagospodarowanie przestrzenne w gminach, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu Nr 534; Inżynieria Środowiska XV, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 2006.*
10. *Winter J.: Zagrożenia naturalne a bezpieczeństwo wewnętrzne – stan klęski żywiołowej. Monografia pod redakcją R. Grosseta: Tożsamość bezpieczeństwa wewnętrznego – miejsce, rola i funkcje. Wyższa Szkoła Zarządzania i Prawa, Warszawa 2011.*
11. *Zaleski J., Winter J.: Strategia modernizacji Odrzańskiego Systemu Wodnego – Program dla Odry 2006. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Wrocław 2000.*

Projekt CEFRAME

Autor:
Čadek, P., SLOVENSKÝ VODOHOSPOPDÁRSKY PODNIK, štátny podnik, Radničné námestie 8, 969 55 Banská Štiavnica, peter.cadek@svp.sk

Abstrakt:
Projekt „Central European Flood Risk Assessment and Management in CENTROPE“ ako iniciatíva členských krajín Európskej únie na riešenie povodní v regióne strednej Európy predstavuje platformu pre budovanie stratégií a odporúčaní pre spoľahlivý a udržateľný manažment povodňových rizík v rámci medzinárodných správnych území povodí v súlade s požiadavkami Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES. Cezhraničný manažment povodní bol aplikovaný pre pilotné územia hraničných vodných tokov Dyje, Morava a Lajta. Projekt zahŕňa územia Rakúska, Českej republika, Maďarska a Slovenskej republiky. Cieľom projektu bola udržateľná integrovaná protipovodňová ochrana založená na spoločnom hodnotení nástrojov manažmentu povodní a harmonizácii metodík pre protipovodňovú ochranu a na hodnotení stratégií manažmentu povodňového rizika.

Kľúčové slová:
povodeň, ohrozenie, riziko, manažment

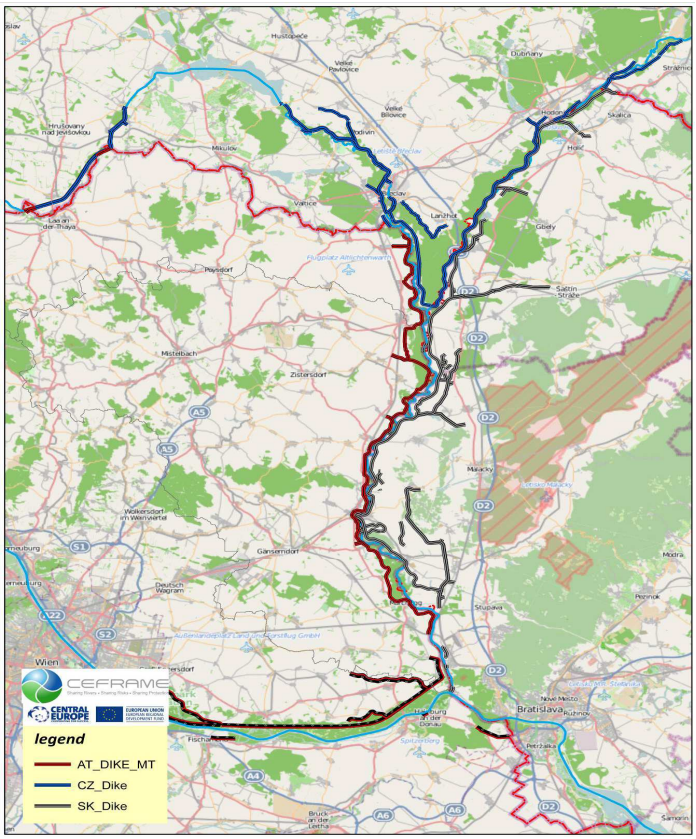
Projekt rieši úlohy v rámci Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík (ďalej len „Smernica“) s ohľadom na jej transpozície do národných legislatív. Projekt programu teritoriálnej spolupráce Stredná Európa sa zameriava na rozvoj stratégií a odporúčaní pre účinný a udržateľný manažment povodňových rizík v rámci cezhraničných povodí vodných tokov na podklade aplikácie postupov hodnotených v rámci pilotných povodí riek Dyje, Morava a Lajta. Strategický cieľ je napĺňaný spoločným hodnotením infraštruktúry protipovodňovej ochrany, harmonizáciou metodík protipovodňovej ochrany, hodnotenia stratégií protipovodňovej ochrany a návrhom nasledujúcich akčných plánov v rámci inštitucionálnej a legislatívnej bázy v súlade so Smernicou 2007/60/ES. Návrh na redukciu povodňových rizík principiálne vychádza z hodnotenia súčasnej situácie v protipovodňovej ochrane, predbežného hodnotenia povodňového rizika, určenia oblastí s existujúcim alebo potenciálne významným povodňovým rizikom, harmonizácie máp povodňového ohrozenia v cezhraničných oblastiach a tvorby návrhov spoločných akčných plánov pre územia pilotných cezhraničných povodí. Slovenská republika v rámci predmetného projektu participovala prostredníctvom inštitúcií: Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik a Slovenský hydrometeorologický ústav.

Integrovaný manažment protipovodňovej ochrany musí byť realizovaný nie len modernými „mäkkými“ opatreniami, ktoré nie sú stavebného charakteru ale musí brať ohľad na existujúce opatrenia protipovodňovej ochrany a s týmto statusom musí byť realizovaná ďalšia tvorba životného prostredia. Stavebné opatrenia protipovodňovej ochrany sú významnými prvkami a metódy a činnosti v súlade so Smernicou musia skutkový stav ochrany životného prostredia zlepšovať zvyšovaní ich účinnosti. S ohľadom na zaznamenané katastrofálne povodne v predchádzajúcich rokoch je pre cezhraničné povodia vodných tokov nevyhnutná harmonizácia manažmentu povodní. Vecné naplnenie projektu je v spoločnom pláne aktivít Memoranda o ochrane pred povodňami, založenom na:

- inventarizácii súčasného stavu protipovodňovej ochrany v projektovej oblasti
- vytvorení spoločnej mapy povodňového ohrozenia
- dokumentácii súčasných štandardov a stratégií protipovodňovej ochrany ako základu harmonizovaného manažmentu ochrany pred povodňami
- identifikácii potenciálnych škôd
- hodnotení potenciálnych škôd matematickými funkciami pre kategórie využitia územia
- stanovení povodňového rizika.

Postup riešenia obsahovej náplne projektu je možné rozdeliť do troch základných skupín zodpovedajúcich pracovným balíkom a to: dokumentácia súčasnej ochrany pred povodňami, potenciálne škody a riziká, stratégie manažmentu povodní.

Aktivity v rámci dokumentácie súčasného stavu zahŕňajú súbor tematických správ s obsahom smerovaným na sumarizáciu zaznamenaných povodní, identifikáciu retenčných priestorov a ich účinnosti v protipovodňovej ochrane s ohľadom na trendové analýzy ďalšieho vývoja povodní, inventarizáciu konštrukčných požiadaviek na jednotlivé objekty protipovodňovej ochrany. Zároveň charakterizácia skutkového stavu obsahuje aj určenie rozsahu povodňového ohrozenia na mapách v zmysle národných transpozícií Smernice. Skutkový stav protipovodňovej ochrany je dokumentovaný s vizualizáciou na obr. 1.



Obr. 1 Líniové stavby protipovodňovej ochrany v projektovom území

Smernica v článku 17 stanovuje pre členské štáty povinnosť uviesť zákony a iné právne predpisy a správne opatrenia potrebné na dosiahnutie súladu s jej znením. Nadväzne boli v jednotlivých štátoch zapojených do projektu transponované ustanovenia do národných legislatívnych predpisov s dôsledkom v špecifickosti hodnotenia povodňového ohrozenia a povodňového rizika. Markantným príkladom sú scenáre povodní s pravdepodobnosťou opakovania.

Tab. 1 Scenáre povodní podľa pravdepodobnosti výskytu

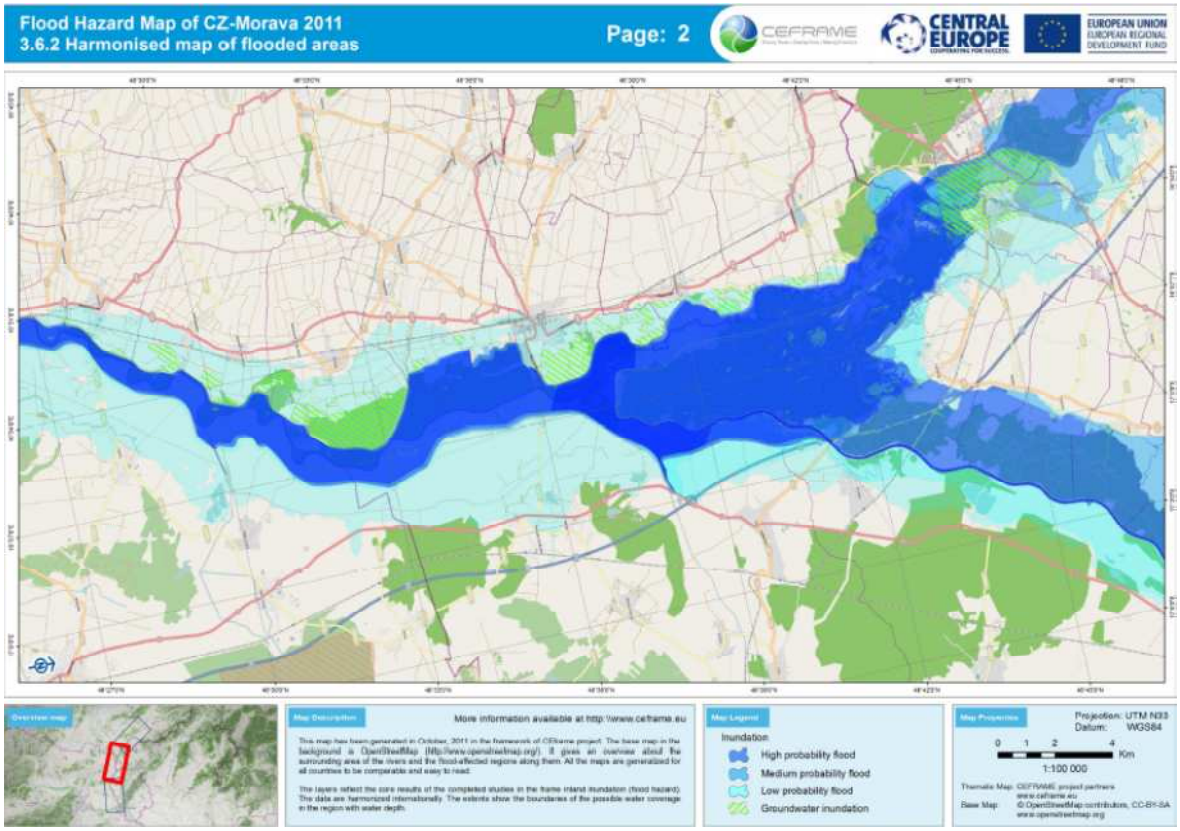
Štát	Povodne s vysokou pravdepodobnosťou opakovania	Povodne so strednou pravdepodobnosťou opakovania	Povodne s nízkou pravdepodobnosťou opakovania
Rakúsko	HQ_{30}	HQ_{100}	HQ_{300}
Česká republika	HQ_5 / HQ_{20}	HQ_{100}	HQ_{500}
Slovenská republika	HQ_5 / HQ_{10} / HQ_{50}	HQ_{100}	HQ_{1000}
Maďarsko	HQ_{30}	HQ_{100}	HQ_{1000}

Návrhové prietoky povodní s mapovaným povodňovým ohrozením sú vzájomne konfrontované na základe meraných hodnôt zaznamenaných povodní. Podkladom pre matematické hydrodynamické modelovanie s následným mapovaním povodňového ohrozenia boli hodnoty podľa tab. 2 s platnými národne legislatívne danými scenármi pravdepodobnosti opakovania povodí.

Tab. 2 Návrhové prietoky vodomerných staníc projektového územia vodných tokov Morava a Dyje

Thaya	Gauging Station	Discharge Analysis	Basin [km2]	location	MQ	HQ1	HQ5	HQ10	HQ30	HQ50	HQ100	HQ300
AT	Raabs	1896	1405,80	211,00	7,10	9,00	160,00	199,00	274,00		360,00	
CZ	Podhradí	1935	1755.95		8,05	97.8	157,00	196,00		320,00	390,00	
CZ	Vranov	1926	2227.99		9,15	107,00	173,00	216,00		356,00	435,00	
AT	Hardegg	1924	2382,30	137,00	9,90	70,00	95,00	169,00	224,00	250,00	285,00	342,00
CZ	Znojmo	1936	2499.15		9,56	109,00	176,00	220,00		361,00	441,00	
CZ	Travní Dvůr	1926	3531.36		10,40	114,00	185,00	231,00		378,00	461,00	
AT	Alt-Prerau	1975	3587,00	88,55	10,90	62,00	124,00	165,00	218,00	256,00	301,00	391,00
CZ	Nové Mlýny III.	1988	11878,00		38,20	281,00	486,00	593,00		884,00	1027,00	
CZ	Břeclav - Ladná	1988	12279.97		38,70	283,00	516,00	624,00		890,00	1012,00	
AT	Bernhardsthal	1960	12623,00	16,19	45,00	140,00	286,00	406,00	600,00		770,00	
March	**Gauging Station**	**Discharge Analysis**	**Basin [km2]**	**location**	**MQ**	**HQ1**	**HQ5**	**HQ10**	**HQ30**	**HQ50**	**HQ100**	**HQ300**
AT/SK	KMW 1996	x	x	x	114,00				1040,00	1230,00	1400,00	
CZ	*Strážnice/ Velička**	*1940*	*173,10*		*0,79*	*15,00*	*30,30*	*40,70*		*75,00*	*95,00*	
CZ	Strážnice	1920	9145,48		61,00	375,00	525,00	588,00		730,00	790,00	
SK	Kopčany*	1996	9629,32	96,80								
SK	Brodské*	2002	9871,60	79,00								
CZ	Lanžhot	1999	9721,81		63,50	375,00	525,00	588,00		730,00	791,00	
SK	Moravský Svätý Ján	1889	24129,30	67,15	112,00	440,00	840,00	1000,00		1345,00	1500,00	
SK	Moravský Svätý Ján**	1889	24129,30	67,15	106,00	470,00	895,00	1065,00		1400,00	1600,00	
AT	Hohenau	1889	24137,80	66,90	114,00	460,00	720,00	850,00	1040,00		1400,00	1800,00
AT	Dürnkrut	1895	25404,70	44,33								
SK	Záhorská Ves	1889	25521,30	32,52	116,00	420,00	795,00	940,00		1260,00	1400,00	
SK	Záhorská Ves**	1889	25521,30	32,52	109,00	440,00	840,00	1000,00		1310,00	1500,00	
AT	Angern	1891	25623,80	31,89	114,00	460,00	720,00	850,00	1040,00		1400,00	1800,00
SK	Vysoká pri Morave*	1942	25569,10	20,75								
AT	Marchegg	1934	26135,60	14,98								
	*secondary station											
	**2006											

Spoločným znakom všetkých hodnotených systémov protipovodňovej ochrany je rozdelenie aktivít do skupín charakteru prevádzkových a investičných stavebných opatrení a prevádzkových opatrení budovania a zlepšovania funkcionality systémov predpovedí a výstrah a to na národnej aj medzinárodnej úrovni. Zjednocujúcim ukazovateľom ochranných líniových stavieb je ich budovanie na návrhovú povodeň HQ_{100} s bezpečnostným prevýšením 0,50 m, v úsekoch vodných tokov pre ochranu sídel resp. území s intenzívnym hospodárskym využitím. Práce na hodnotení súčasnej úrovne protipovodňovej ochrany, analýzach hydrologických údajov a trendoch vývoja povodní vplyvom klimatickej zmeny, stability ochranných líniových stavieb pri zaťažení návrhovými povodňami vyústilo do spracovania máp povodňového ohrozenia s určením rozsahu povodní s nízkou, strednou a vysokou pravdepodobnosťou výskytu. Matematický model za partnerov zo Slovenskej republiky bol vytvorený ako 1D model rozdelený pre koryto toku a inundačné územia medzihrádzového priestoru a chránených území na podklade digitálneho modelu terénu, ortofotomapy, podrobných meraní a Vodohospodárskej mapy v mierke 1:50 000. Ako okrajové podmienky pre výpočet hladín boli použité merné krivky profilov Dunaj – Devín, Morava – Moravský Svätý Ján a Záhorská Ves. Na kalibráciu modelu boli použité fixované hladiny pozdĺžneho profilu zaznamenané počas predchádzajúcich povodňových situácií. Odporové súčinitele n boli stanovené podľa Manninga v rozmedzí hodnôt od 0,023 do 0,036. Výsledky modelovania hladín pri porovnaní s kótami korún hrádzí dosiahli na krátkych úsekoch (rkm 29,6 – 29,8; rkm 47,1 – 48,2, rkm 53,7 – 59,1; rkm 61,1 – 61,4) bezpečnostné prevýšenie ochranných hrádzí nad hladinu návrhového prietoku v zmysle STN 75 2102.



Obr. 2 Mapa povodňového ohrozenia projektového územia v úseku sútok Morava – Dyje

Ciele projektu v prieniku národných postupov hodnotenia povodňového rizika resp. testovanie vzájomne akceptovateľnej samostatnej metódy hodnotenia povodňových rizík tvorí obsah ďalšej skupiny aktivít - Potenciálne škody a riziká. Prezentácia rizík vychádza z finančného vyjadrenia vo forme potenciálnych povodňových škôd ekonomických aktivít na inundačnom území a nefinančne vyjadriteľných prvkoch vplyvu povodní na obyvateľstvo, životné prostredie a kultúrne dedičstvo.
Funkcia škôd ako finančné vyjadrenie vplyvu povodní na ekonomickú aktivitu je v štátoch zapojených do projektu riešená samostatnými metódami. Vzhľadom na samostatný vývoj štátov v mapovaní využitia územia národne uplatňované metódy využívajú špecifické geodatabázy funkčného využitia územia. Konsenzuálne riešenie ďalej rozpracované v projekte je zamerané na použitie generalizovanej metódy aplikovateľnej na koncepčný rozhodovací proces založený na spoločnej databáze funkčného využitia územia podľa zhodnotenia možných riešení vychádzajúcich z disponibilných metód a ich analýz spracovaných v rámci predchádzajúcich projektov napr. projekt 6. Rámcového programu Európskej únie FLOODSite, 2009. Unifikovaná metodika hodnotenia potenciálnych povodňových škôd založená na kategorizácii a mapovaní funkčného využitia územia geodatabázy CORINE Land Cover aplikovaná v rámci hodnotenia povodňového rizika na úrovni Medzinárodnej komisie na ochranu rieky Rýn (ICPR, 2001) bola v rámci projektových partnerov určená ako spoločne uplatnený prístup v rámci hodnotenia povodňových rizík projektu. Metodika bola súčasne projektovými partnermi konfrontovaná s národnými prístupmi tak, aby boli preukázané odlišnosti národných metodík a neistoty vyplývajúce z uplatneného postupu. Funkčná závislosť medzi hĺbkou vody a relatívnym podielom škôd na celkovej hodnote majetku na jednotku plochy konkrétnej kategórie funkčného využitia územia je zjednocujúcim prvkom vzhľadom na Smernicou definovanú povinnosť členských krajín Európskej únie prezentovať povodňové ohrozenie zaplavenia územia spôsobeného povrchovými alebo podzemnými vodami prostredníctvom hĺbky vody na inundačnom území. Celkové hodnoty majetku pre združené kategórie funkčného využitia územia Corine Land Cover boli transponované na podmienky partnerských krajín analogickým postupom prevodu hodnôt medzi krajinami v povodí Rýna a to cez ukazovatele Eurostatu: harmonizovaný index zákaznických cien, hrubý domáci produkt a paritu kúpnej sily. Výsledkom aplikácie na projektové podmienky boli celkové hodnoty majetku v zmysle tab. 3 s uplatnením relatívnych funkcií škôd v zmysle tab. 4.

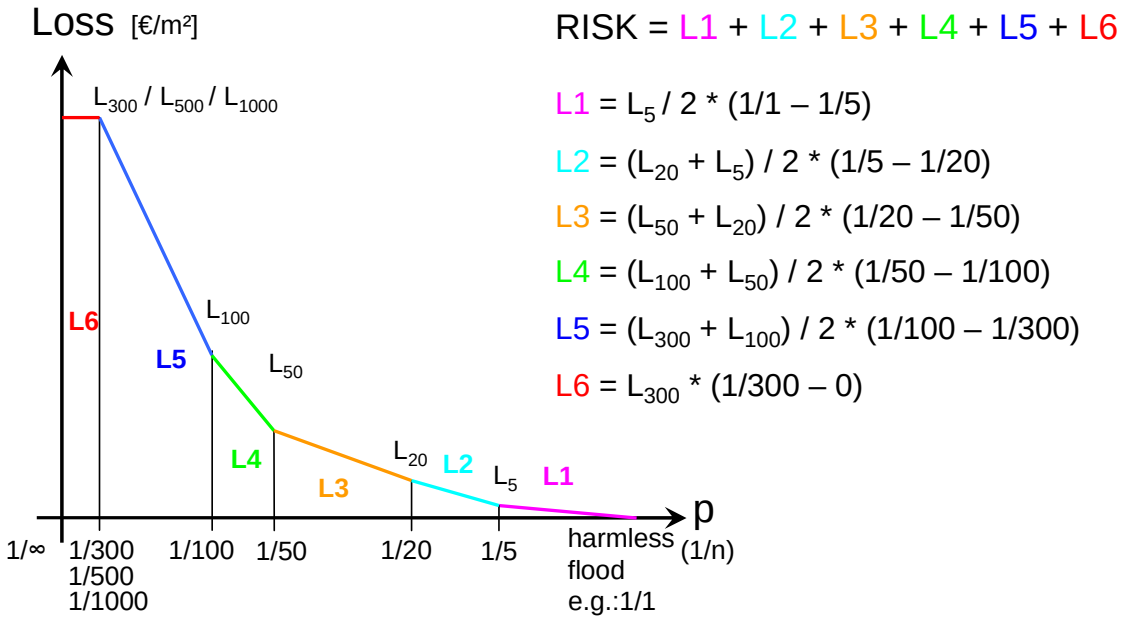
Tab. 3 Celkové jednotkové hodnoty majetku kategórií funkčného využitia územia Corine Land Cover

Kategória CLC	Imobilný majetok [€/m^2]	Mobilný majetok [€/m^2]	Spolu [€/m^2]
Sídlo	194,61	45,94	240,54
Priemysel	204,04	68,01	272,06
Doprava	0,00	0,00	209,02
Poľnohospodárstvo	0,00	0,00	5,80
Lesy	0,00	0,00	0,83
Ostatné	0,00	0,00	0,00

Tab. 4 Funkcie škôd kategórií funkčného využitia územia

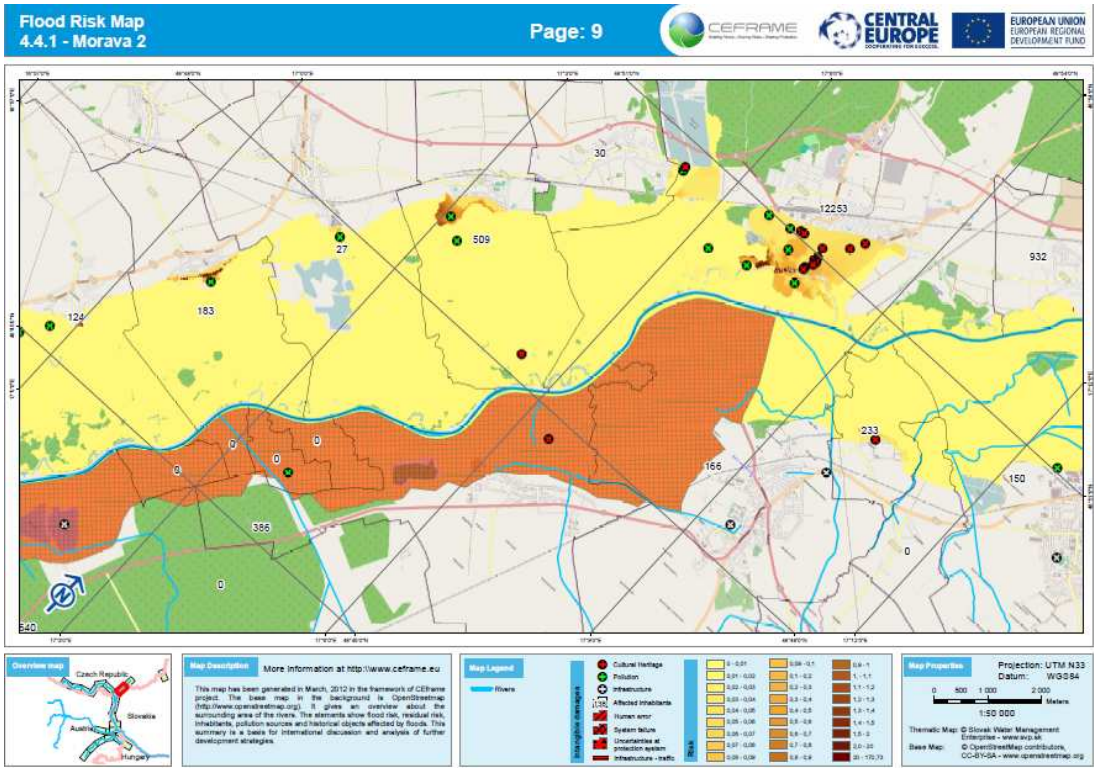
Kategória CLC	Imobilný majetok	Mobilný majetok	Spolu
Sídlo	$Y = 2x^2 + 2x$	$Y = 11,4x + 12,625$	-
Priemysel	$Y = 2x^2 + 2x$	$Y = 7x + 5$	-
Doprava	-	-	$Y = 10x$ ($x<1$) / $Y = 10$ ($x>1$)
Poľnohospodárstvo	-	-	$Y = 1$
Lesy	-	-	$Y = 1$
Ostatné	-	-	$Y = 1$

Vyhodnotenie ekonomických dopadov pre jednotlivé scenáre povodní podľa národných transpozícií Smernice nereprezentuje celkové riziko ale zodpovedá finančnému vyjadreniu dopadu povodní na ekonomické aktivity na inundačnom území pre špecifický scenár zodpovedajúci pravdepodobnosti výskytu jednej povodne so špecifickou pravdepodobnosťou výskytu. Pre celkové vyhodnotenie rizika je nevyhnutné zakomponovanie charakteristík dopadu povodní na obyvateľstvo, životné prostredie a kultúrne dedičstvo a zároveň definovanie celkového rastu škôd vo vzťahu k pravdepodobnosti výskytu povodní s určením priemernej ročnej škody a jej kumulatívneho vyjadrenia k návrhovej povodni opatrenia na ochranu pred povodňami v zmysle grafického vyjadrenia na obr. 3.



Obr. 3 Grafické vyjadrenie potenciálnych povodňových škôd vo vzťahu k pravdepodobnosti výskytu povodní

Vizualizácia rizika vo vyjadrení charakterizovanej metodiky v zmysle príkladu na obr.4 je podkladom pre finálnu fázu projektu zameranú na strategické plánovanie manažmentu povodní.



Obr. 3 Mapa povodňového rizika v hraničnom úseku medzi Slovenskom a Českou republikou

V súlade s článkom 8 Smernice je základným rámcom strategického manažmentu povodní na pilotnom území koncepčné odsúhlasenie zainteresovaných štátov. Vzhľadom na identifikované špecifiká pilotných cezhraničných území a tým preukázanú nutnosť aplikácie opatrení manažmentu na špecifické podmienky povodí boli projektovými partnermi koncipované Memorandá protipovodňovej ochrany samostatne pre vodný tok Lajta a vodné toky Morava a Dyje. Obsahová náplň ustanovenia Memoranda o ochrane pred povodňami ako odporúčania pre ďalšiu spoluprácu medzi Rakúskom, Českou republikou a Slovenskou republikou pre rieky Morava a Dyje z 30. januára 2013 zahŕňa nasledovné body:

1. Partneri projektu deklarujú spoluprácu pri implementácii Smernice EÚ o povodniach, pri recipročnej výmene informácií a pri spoločnej koordinácii protipovodňových opatrení.
2. Pre implementáciu protipovodňových opatrení je potrebné vzájomné odsúhlasenie tak, aby pri ochrane pred povodňami nevznikli žiadne významné dopady v susednom štáte.
3. Spoločným cieľom všetkých opatrení je zníženie povodňových škôd. Optimalizácia retenčných opatrení, ktoré ovplyvňujú hraničné úseky by mala byť preskúmaná a prediskutovaná.
4. Cieľom je dosiahnuť vysokú úroveň výmeny informácií a spolupráce pri zlepšovaní povodňových predpovedných a varovných systémov.
5. Na zabránenie negatívnych následkov vysokých vodných hladín pri povodniach, musia byť všetky práce údržby na hraničných úsekoch vykonané čo najskôr v súlade s existujúcim právnym rámcom.
6. Spoločným cieľom je spolupráca pri vývine stratégií na zníženie povodňových škôd za ochrannými protipovodňovými hrádzami.
7. Úroveň povedomia o povodňovom riziku v dotknutých komunitách a regiónoch zainteresovaných v rámci projektu by mala byť zvýšená.
8. Existujúce systémy protipovodňovej ochrany a najmä hrádze, by sa mali spoločne zanalyzovať a prekontrolovať, ako základ pre zlepšenie stavu existujúcej ochrany pred povodňami.

ICPR, 2001: Atlas of flood danger and potential damage due to extreme floods of the Rhine, International Commission for the Protection of the Rhine, Koblenz.

AN INTEGRAL APPROACH IN THE PROCESS OF DEVELOPING AND PLANNING THE CONCEPT OF FLOOD PROTECTION

Kryžanowski, A., Faculty of civil engineering and geodesy, Ljubljana, Slovenija,
andrej.kryzanowski@fgg.uni-lj.si
Krajnc, U., Inštitut za ekološki inženiring, Maribor, Slovenija,
uros.krajnc@iei.si
Gorišek, M., Ministry of Economic Development and Technology, Ljubljana, Slovenija,
metka.gorisek@gov.si

Abstract
In the paper, an integral flood protection measures concept is presented. It has been implemented in two on-going EU Cohesion Fund projects in Slovenia: flood protection in the Savinja River Basin and the Drava River Basin. An integral planning process was developed as the optimal solution of flood protection measures to be implemented in the areas of highest flood risks and with most damages in the Savinja River and Drava River catchment areas.

Key words: **flood, flood protection, Cohesion Fund**

1 Implementation of cohesion policy in Slovenia

The Cohesion Fund is aimed to grant co-financing to nationally significant environment and transport infrastructure projects, in order to raise the development level for EU member states whose GDP is less than 75% of the Community average. The Financial Perspective 2007–2013 included projects aiming at protection against adverse effects of water, i.e. in order to implement the Water Framework Directive (WFD) with regard to flood prevention, and the Flood Directive, which both allow for management of streams in river basins as closed hydrological and ecological entities, and preparation and implementation of integrated measures of flood protection at the level of an individual river basin as a whole.

At the operational level of cohesion policy implementation in the 2007–2013 period, the Republic of Slovenia prepared the Operational Programme of Environment and Transport Infrastructure Development (OP ETID), which defines the goals, activities and measures, and nominates the actors for preparation and implementation of projects. Under the development priority Environment Protection – Water Sector, investments for development of environmental infrastructure are identified in the following areas: (1) Drinking water supply, (2) urban wastewater collection and treatment, (3) Reducing damaging effects of water. In continuation, we shall focus on the projects that are covered by the relevant ministry responsible for agriculture and the environment, as the grant beneficiary, under the development priority Environment Protection – Reducing Damaging Effects of Water.

The key goals in the area, as defined in the relevant Operational Programme, are: (1) increased protection against floods; (2) natural recharge of groundwater; (3) preservation of ecosystems; (4) prevention of erosion; (5) increase of retention area; and (6) reduction of climate change impacts. At the national level, the following measures are planned to reach the above goals: (1) threat assessment of important flood areas and an integrated proposal of measures; (2) construction works for water retention (reservoirs in unpopulated floodplain areas) and the building of water infrastructure for protection against floods in urban areas and important economic areas; (3) reducing the exposure to floods in urban areas (currently 3,000 km^2) by half; (4) updating the monitoring system of the state of the aquatic environment in Slovenia.

2 Priority projects for reduction of the adverse effects of water

The strategic national programme for reduction of adverse effects of water in the Danube River Basin and Adriatic River Basins is the management plan, which addresses river basins with high flood risk of areas where activities and measures for flood risk reduction are planned. The contingency plan is based on risk assessment of these flood-prone areas, which is the basis for the following types of building interventions: (1) building development in unpopulated flood areas as temporary reservoirs (controlled floods); (2) building of water infrastructure for protection against floods in urban areas and areas of economic activities. In terms of reducing water damages, the indicative OP ETID list includes the following projects, which are within the national responsibility of implementation:

- **Mura River Basin:** The existing flood protection embankments on the Mura River were built 30–40 years ago and can – in view of the changed hydrological conditions and wear – no longer ensure proper flood protection. The project includes the rehabilitation of flood protection embankments with integrated development of the catchment area, including all facilities (water and municipal infrastructure facilities, forest and agricultural areas, urban areas, transport and energy infrastructure etc.). The estimated cost of the project is 35 million Euros.
- **Ljubljanica River Basin:** The south-western part of Ljubljana can be protected against floods only by using a system of flood reservoirs in the hinterland, in combination with supplementary measures. The project includes the construction of reservoirs, regulation of the flow of the Mali Graben in the urban area to its outflow into the Ljubljanica, and diversion of excess water from the Gradaščica River to Barje. The estimated cost of the project is 15 million Euros.
- **Savinja River Basin:** For protection against floods in the wider area of the Savinja Valley, a system of several retarding basins for control of flood waves has been designed, in combination with building and/or elevation of the existing water infrastructure for protection of urban areas in the Savinja catchment. The estimated cost of the project is 60 million Euros.
- **Sava River Basin:** Parallel to the construction of hydro power plants in the Lower Sava River, measures will be implemented to ensure flood protection by developing the proper water infrastructure for protection of urban areas in the Lower Sava River reach. The estimated cost of the project is 30 million Euros.
- **Drava River Basin:** The flood protection design covers measures for improvement of flood protection of settlements in the Drava River Basin, particularly the Lower Drava area and the lower part of the Dravinja tributary. The estimated cost of the project is 20 million Euros.

3 Realisation of OP ETID projects in the water sector

When looking at the feasibility to implement the projects under the Financial Perspective 2007–2013, it is found that the status of the aforementioned priority projects in the area of reducing adverse effects of water is alarming. Among the projects it is feasible to complete, within the deadline, the projects involving the river basins of the Savinja and Drava; both projects are currently in the implementation stage. Presently, approx. 55% of all funds intended for reducing water damages, i.e. in line with the Operational Programme, are utilised.

The project implementation delays stem from time-consuming and long-lasting procedures of site selection and placement, and the inability of an integrated, basin-wide planning, as stipulated in the rules on drawing on the Cohesion Fund. In the past, the prevailing practice in Slovenia regarding flood safety measures and site placement was to address individual river basin sections. Such an approach to planning meant higher probability of placement of a flood safety measure; on the other hand, it could potentially mean a problem at the basin scale, as there were no requirement for an expert assessment and hydraulic analyses of the effects of the measures to the areas downstream.

4 Elaboration of an integrated hydraulic and hydrological study

In compliance with the technical guidance provided by JASPERS (Joint Assistance to Support Projects in European Regions) for the grant application, the existing practice, based on partial

solutions on section-by-section basis, had to be changed completely with regard to planning flood protection measures. A condition to receive co-financing from the Cohesion Fund is to seek an integrated solution to flood safety, i.e. from the viewpoint of the river basin as a whole. Even when dealing with river sections separately, we must first consider the integrated concept of flood protection solutions, i.e. logically and comprehensively connecting partial solutions on a section basis into a well functioning whole. If the issue of flood safety problem is solved gradually, then each partial solution shall mean an improvement, rather than deterioration, of the downstream conditions, i.e. the system can only improve with additional solutions.

In the case of Cohesion Fund projects exploring flood protection measures in the Drava and Savinja river basins, there was no integrated hydraulic study on the river basin level available. Only partial studies of separate river sections and tributaries were elaborated and no connections among the studies were established. During the preparation of the projects, there was no time to elaborate an integrated hydraulic study on the river basin level and hydrological study. Hence, a decision was made to develop an integrated study based on previous studies and reports. First, we reviewed all available documents and grouped them by river sections that could be seen as autonomous hydraulic and hydrological subsystems. For example, river basins of major tributaries were considered as autonomous subsystems. When all subsystems were defined, we connected them in an integrated hydraulic study on the river basin level and hydrological system. In the design of the integrated hydraulic model, the main stream presents the baseline of the model, while other autonomous subsystems (inflows from lateral tributaries) are gradually, i.e. section-wise, added. The calculations for extreme high-flow conditions were made by taking into account the coincidence of the statistically probable flow at the confluence of the main stream and its tributaries. By knowing the hydrological conditions in individual tributaries, we gradually built the hydraulic and hydrological system of the basin of the main stream, by connecting it into a whole, hence meeting the condition on the integrated basin approach; this was also confirmed by the agreement of the calculated flow values and the water levels measured in the field.

5 Flood protection measures on the Savinja River

5.1 Description of the issue

The objective of the project is to implement measures to ensure flood protection in the Savinja catchment area. The Savinja River has a length of 102 km and a catchment area of 1858 km^2. It is the strongest tributary of the Sava River in Slovenia and its catchment area is the most flood affected area in Slovenia. It is a torrential river by nature and a vast majority of its tributaries also have a distinctive torrential character. Soils mostly consist of shallow limestones or highly permeable alluvial gravel formations. Alluvial plains and river valleys are more densely populated and mainly devoted to agriculture. These areas are also more vulnerable to flooding.

The existing flood protection infrastructure in the whole Savinja River Basin is not optimal for protection of people and land against flood damage. In the past 100 years, some flood protection measures have been implemented (high water river embankments and impoundments were constructed); however, because of inadequate maintenance of the constructed water infrastructure and urban development in flood retention areas, the high water flow of 1990 with a 100-year return period impacted all urban areas downstream the regulated section, particularly in municipalities Celje and Laško in the later decades of the twentieth century (Fig. 1). The floods in the last two decades (two 20-year events and two 100-year events) also caused major damages to water infrastructure (estimation to 25 million EUR), particularly to dams and high-water control embankments of the downstream Savinja sections. Some of the structures, mainly dam constructions, have been totally destroyed. Further, this caused higher peak flows of flood waves downstream with the main impacts in urban areas of Celje, Laško and other settlements in the Downstream Savinja Valley.



Figure 1: Flood event in the Celje urban area in 1990 (Sl Consult, 2011)

5.2 An integral concept of flood protection measures in the Savinja River Basin

In the first phase, the assessment of possible locations of high water impoundments for flood protection and other possible water uses was performed. The possible water accumulation structures and dry impoundments have been located with consideration of topographic, geological, geographic and special planning conditions on the possible micro locations in different river sections of the main Savinja river stream and all major tributaries (Fig. 2).

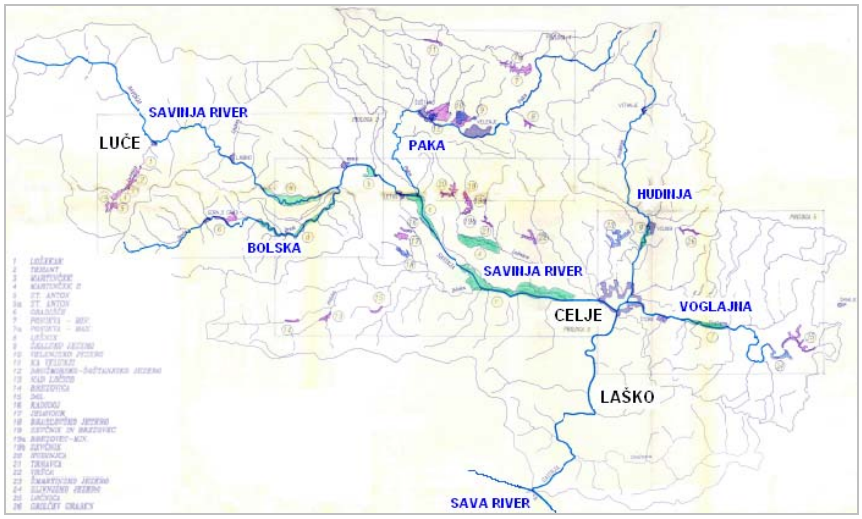


Figure 2: Location of water impoundments in the Savinja River Basin (VGI, 1990)

In the second phase, a study based on the hydrological analysis followed, which provided the input data for the hydraulic mathematical model with simulation and testing of the results on the physical model. The main objective in the study was to answer the following questions of the planned water regime, which would provide the minimum flood risks with integral optimal measures in the river basin:

- How could the existing retention areas along the main Savinja River and the tributaries be optimally combined in an integral flood protection concept?
- How do these retention areas impact high water wave peaks, particularly in downstream urbanised areas?
- What level of protection of urban areas is it possible to reach and what would be the impact of these measures downstream?
- How to provide adequate protection measures of urban areas, incorporating the artificial regulation flow regime of flooding the available retention areas in the downstream sections of the Savinja River basin?

- How to implement optimal flood protection measures by combining the artificially regulated flooding of available retention areas and construction of water reservoirs and dry impoundments on the main Savinja stream and the tributaries?

In the third phase, flood protection measures were developed for the whole Savinja River Basin, based on the previous integral concept of the flood protection measures in the Savinja River Basin. An optimal solution of flood protection measures for implementation has been developed for flooded areas of the five main sections of the Savinja River catchment with highest flood risks and damages, including implementation measures on the main stream and the tributaries (Fig. 3). Flood protection in the Savinja River Basin is divided into two phases, both of which are technically and financially independent. The first phase includes flood protection measures of most populated urban areas to reduce the risk to lives and property in the Savinja River Basin in the three main areas that can be implemented in the financial perspective until 2015:

Flood protection measures in the area of the Luče municipality have been considered strictly as local measures, i.e. to protect the urban area of the Luče municipality, with no additional impacts to improvement of flow conditions at flood events downstream.

Flood protection measures in the area of the Laško municipality have been considered to protect the urban area of the Municipality of Laško; they consist of implementation of water structures on the Savinja River and the tributary Lahornica and the regulation of the Marijagraški ovinek downstream.

Flood protection measures in the area of the Celje municipality have been developed to provide the protection of 100-year return period floods of the Celje urban area. Five high water retention impoundments and other water structures on the Savinja River and its tributaries Ložnica, Koprivnica, Sušnica, Voglajna, Hudinja and Podsevčnica (high water river embankments, riverbed stabilisation structures, riverbank stabilisation structures etc.) have been planned for implementation.

With the implementation of the first phase of activities, a population of about 15,000, companies and other public services will have benefited from the measures to prevent harmful effects of water, and about 1,850 ha of area (52% of all flood risk areas) will be reduced from flooding. With the project, the impact of harmful water will be minimized by increased flood control, conservation of ecosystems and prevention of erosion. The total cost of the project in the first phase is estimated at 63 million EUR; in the projected financial structure of the investment a co-financing by the EU Cohesion Fund in the amount of 85% of eligible costs is foreseen, which represents 42 million EUR. Presently (November 2013), the project is in the implementation stage. The works at Luče and Laško sites are mainly completed; the works in the area of Celje are on-going. The works will be finished within the designated time frame, i.e. by 2015 at the latest.

Flood protection in the catchment area of the Savinja River Basin will be achieved completely with the implementation of the second phase of flood protection measures, planned to be finalized until 2023:

Flood protection measures in the area of the Lower Savinja valley have been developed on the main Savinja river stream and on the tributary Bolska, taking into consideration controlled water retention of flood peak flows of available retention areas of the downstream Savinja valley. The implementation of these measures will provide the protection against 100-year return period floods of urban areas of the settlements in the Savinja main stream catchment area. Ten high water retention impoundments and other water structures (high water river embankments, riverbed stabilisation structures, riverbank stabilisation structures etc.) along the Savinja river stream and the tributary Bolska have been planned for implementation.

Flood protection measures in the area of the Ločica–Letuš river section consist of implementation of water structures (high flow river embankments, remediation of river banks, riverbed and river bank stabilisation structures etc.), activation of flood retention areas, and construction of an impoundment on the tributary Ložnica.

The total cost of the project in the second phase is estimated at 180 million EUR and is still at the stage of site selection and placement, i.e. subject to discussion.

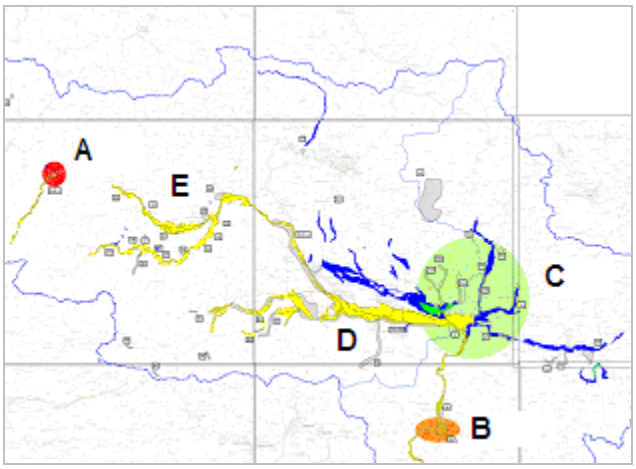


Figure 3: Location of the project area (SL Consult, 2011)
A – Luče; B – Laško; C – Celje urban area; D – Savinja valley; E – Ločica–Letuš section

6 Flood protection measures on the Drava River

6.1 Description of the issue

The Drava River is one of the main surface streams passing the territory of Slovenia. It originates in Italy, passes through Austria and Slovenia and flows into the Danube River in Croatia. The total length of the Drava River is 725 km; in Slovenia the length is 142 km, the catchment area to the border profile with Slovenia is in the range of 11,040 km^2 (Lavamund HPP), the catchment area on the Slovenian territory is in the range of 3,264 km^2. The Drava River is an alpine river with a snow-rain regime, which causes the highest flows in June during the snowmelt period and in November when autumn rainfall occurs in the wider mountain hinterland. The Drava River course with its catchment area in the territory of Slovenia is divided into two geographical and hydrographical sections:

- The Upstream Drava River represents the section between Dravograd and Maribor, where the river passes the narrow canyon. On this section the river course is regulated with the hydropower infrastructure. Along the river course, the main transport infrastructure, i.e. road and railway, are situated. On this section the main tributaries are small, steep mountain streams, which flow into the accumulations of the Drava hydropower plant chain.
- The Downstream Drava River represents the section between Maribor and the border profile to Croatia, where the river course reaches the lowlands of the Dravsko polje field. Also in this section the Drava course is completely regulated for energy utilisation. In this section the energy infrastructure (derivation channels and other energy facilities) are situated parallel to the natural river course where natural flow regime is preserved. In this section the main tributaries flow into the Drava River from the south part, which flows into the old natural riverbed of the Drava River.

6.2 The integral concept of flood protection measures in the Drava River Basin

The integral concept of flood protection measures of the Drava River has been developed by taking into account the use of the energy potential of the Drava River in the area of the Republic of Slovenia and the neighbouring Republic of Austria and the Republic of Croatia. Based on the rules of the operating manual of the hydropower chain, the flow regime of the Drava River has been defined by taking into account the flood protection measures that have been already implemented in the scope of energy infrastructure and the boundary conditions of levels and flows at the border profile with the Republic Austria – Lavamund (upstream boundary condition) and at the border profile with the Republic of Croatia (downstream boundary condition), as defined by bilateral agreements. For most of the Drava tributaries no integral studies for flood protection measures have been elaborated.

Based on the elaborated expert studies of the concept of flood protection measures in the Drava River basin, the implementation of flood protection measures is planned in three phases. The planned implementation of flood protection measures of project phase I is based on the following expert groundwork:

- integral study of the concept of flood protection measures on the Drava River (main course) based on the boundary conditions of the use of the energy potential of the river, already implemented flood protection measures in the scope of energy infrastructure and levels and flows at the border profiles with the Republic of Austria and the Republic of Croatia, defined by bilateral agreements
- expert groundwork elaborated for local flood protection measures on the tributaries of the Drava River for the following areas:
  - highly endangered urban areas,
  - river sections with inadequate and insufficient previously constructed flood protection infrastructure,
  - river sections with not completed flood protection infrastructure,
  - upgrading and optimisation of operation of the flood protection infrastructure

The planned flood protection measures of phase I of the project implement the Water Framework Directive (WFD) by solving the crucial problems of flood event risks in urban and economic development areas in the Drava River Basin in the context of the OP ETID for the period 2007–2013 and the guidelines of the JASPERS expert team for the implementation of local flood protection measures:

- rehabilitation of existing structure,
- minor river channel training and dredging works,
- completion of a flood defence where only a part of the initial works has been completed,
- construction of flood retention reservoirs,
- green – ecologically positive river restoration with increased discharge or retention capacity.

The flood protection measures with a possible broader impact to flow regime downstream the implementation on the Drava River tributaries, which will also implement the Flood Protection Directive, will be implemented in project phases II and III, based on integral studies with the optional analysis of possible technical solutions of measures and results of the hydraulic modelling, performed for the entire catchment areas of the individual Drava tributaries, taking into account the boundary conditions at the inflow profiles with the Drava River. A list of physical measures on the Drava, phase I, is illustrated in Tab. 1 and in Fig. 4.

As fate would have it, in November 2012, the extreme floods of the Drava and its tributaries (Duplek, Dogoše, Prevalje, Slovenj Gradec) confirmed the correct selection of priorities on the Drava River. Due to the increased flow from Austria, the Drava River started to rise in the morning hours of 5 November 2012. The flows exceeded 3,000 m^3/s; according to the Slovenian Environment Agency (ARSO), those were the highest flows recorded on the Drava River to date. The gauge stations of the national hydrological monitoring recorded 100-year return periods of the highest flows on the Drava, the Suhadolnica stream in the town of Stari trg pri Slovenj Gradcu, and the Meža stream in Črna.

On 5 November 2012, the rivers in Koroška (Meža and Mislinja) and the Dravinja with tributaries started to flood. Due to the extreme flows of the Drava from Austria, the Drava in Slovenia reached record high flows and flooded the middle and lower reaches; i.e. downstream the Melje dam in the towns of Malečnik, Dogoše and Duplek, and downstream the Markovci dam in the areas of Stojnci, Gorišnica and Mihovci. In Dravograd, the Drava flow rose to approx. 2,600 m^3/s, and at the border with Croatia to approx. 3,000 m^3/s.

The hydrological analysis in 2013 revealed that after the abundant precipitation in the hinterland, the increased flow on the Drava in the border section was affected by the Austrian chain of hydropower plants. The highest estimated flow on 5 Nov. 2012 on the border with Austria was 2,670 m^3/s, while the expected natural discharge in the section, without the operation of the chain of hydropower plants,

is estimated at 1,980 m^3/s. This suggests that the estimated difference, i.e. between 650 in 750 m^3/s, was the result of operation of the Austrian chain of hydropower plants.

Table 1: Planned investments in the Drava River Basin – Phase I

	PROJECT:	Flood wave control by building new reservoirs and upgrading the existing ones	Elevation of existing embankments and river level stabilisation	Building of embankments for protection of urban areas	Optimisation of water infrastructure management (control and regulation facilities within the existing and new infrastructure)
		m^3	m	m	item
1	Development of flood protection in the Upper and Lower Drava River sections		1607	7645	
	Lower Drava – the Drava in the Malečnik area and flood-control embankments in Dogoše			2536	
2	Lower Drava – Drava in the Vurberk–Zg. Duplek section		1607	5109	
3	Development of flood protection in the Pesnica area	1,485,000			1
	Development of flood protection measures on the Pesnica River – construction of the Pristava reservoir	1,485,000			1
4	Development of flood protection in the Meža and Mislinja areas		3921	2300	
5	Meža – improvement of flood safety and channel stability in Ravne and Prevalje		3921		
6	Dredging and expansion of the Suhadolnica channel			2300	
7	Development of flood protection in the area of the Dravinja with the Polskava tributary	4,209,000	4840	250	1
	Development of flood water drainage in the Drava River catchment between the Hočko water node and the Polskava	409			
8	Development of flood protection of the Fram stream in Fram		1140		
9	Development of flood protection of the Polskava, Medvedce reservoir, and expansion of the Polskava	3,800,000	3700		1
10	Development of flood protection of the Polskava in the town of Zgornja Polskava			250	
	TOTAL	5,694,000	10,368	10,195	2



Figure 4: Planned investments in the Drava River Basin – Phase I

7 Conclusions and recommendations

In compliance with the recommendations by JASPERS, i.e. the technical assistance to support project preparation for funding the EU Cohesion Fund, it is essential to abandon the existing practice of partial solutions to flood protection, i.e. on a section basis, but rather to introduce an integrated planning of flood protection measures on the river basin level. If the issue of flood protection is addressed on a step-wise basis, then each stage should contribute to the improvement, rather than deterioration, of the conditions downstream. Hence, it is necessary to elaborate integrated plans of flood protection measures in river basins, i.e. by introducing the following goals:

- upgrading and connection of the existing water infrastructure in a central database archive, including the classification of data per relevant river basins

- connection in a central database archive on elaborated documentation for planned water infrastructure of flood protection measures, which should include the systematisation and classification of documents (design project / investment, technical, environmental, spatial planning documents and administrative permits)
- updating, amending and preparation of missing hydrological analyses at the level of individual river basins (hydrological analyses for flood events with 5-, 10-, 20-, 50- and 100-year return periods)
- elaboration of missing flood maps at the level of individual river basins for flood events with 5-, 10-, 20-, 50- and 100-year return periods
- updating of boundary conditions for planned flood protection measures at the level of individual river basins, by taking into consideration the following limitations:
  - groundwater protection
  - existing surface and groundwater use in the river basin
  - impacts to NATURA 2000 sites, endangered habitats, protected areas of natural parks and cultural heritage sites
  - existing and planned land use for environmental, economic, energy and transport infrastructure, urban development and economic development (industry, tourism, agriculture, forestry)
- updating the set of planned flood protection measures at the level of individual river basins based on elaborated documentation regarding the amended boundary conditions
- elaboration of flood damage curves with 5-, 10-, 20-, 50- and 100-year return periods at the level of individual river basins, particularly using available data on actual flood damage
- calibration of the hydraulic model of flood wave calculations of different return periods at the level of individual river basins using hydraulic analyses of previous studies for relevant stream and tributary sections
- elaboration of hydraulic model for different solutions of implementation of planned flood protection measures at the basin level, by taking into account the amended boundary conditions
- analysis of variant calculations and selection of feasible technical solutions of implementation of flood safety measures based on the results of hydraulic model calculations at the basin level
- financial and economic analysis of feasible technical solutions of implementing flood safety measures at the basin level in terms of justification and feasibility
- analysis of social acceptability of technically feasible and economically justified flood safety measures at the basin level
- optimal choice of implementation of flood protection measures at the basin level and updating of the existing documentation, in compliance with the results of scenario analyses of project solutions



Figure 5: Flood event in Duplek area on 5 November

8 References

Gorišek, M., Kryžanowski, A. (2011), *An integral approach in the process of developing and planning the concept of flood protection measures in the Savinja River Basin*, Inštitut za prostorski razvoj, Ljubljana

Gorišek, M., Kryžanowski, A. (2011), *An integral approach in the process of developing and planning the concept of flood protection measures in the Drava River Basin*, Inštitut za prostorski razvoj, Ljubljana

Gorišek, M., Kryžanowski, A., (2012), *Planning, elaboration and implementation of water infrastructure projects funded by the Cohesion Fund*, Mišičev vodarski dan – Proceedings, Vodnogospodarski biro, Maribor

Pirc, V., (1990), *Water Accumulation Impoundments and Multiple use of Accumulated Water in the Savinja River Basin*, Report No. C-194, VGI, Ljubljana

RC INŽENIRINGI Celje, Primus Progress, (2011), *Flood protection measures in the Drava River Basin – Phase I.*, Feasibility Study, Celje

Sl Consult, (2011), *Flood protection in the Savinja River Basin – Upstream and Downstream Savinja River*, Feasibility Study, Sl Consult, Ljubljana

Nučič U., Krajnc U. (2012) *Legal framework, preparation of documents for projects "Reduction of harmful water activity with means from Cohesion Fund, with examples on the Drava River and present dilemmas*, Mišičev vodarski dan – Proceedings, Vodnogospodarski biro Maribor

O projekte „DANUBE FLOODRISK – posúdenie povodňového rizika v záplavových oblastiach povodia Dunaja orientované na zainteresované subjekty“

Ing. Štefan Polhorský, PhD., Ing. Ján Dobiaš
Slovenský vodohospodársky podnik, š.p., OZ Bratislava
stefan.polhorsky@svp.sk, jan.dobias@svp.sk

Abstrakt

Cieľom projektu DANUBE FLOODRISK bola tvorba máp povodňového ohrozenia Dunaja (MPO) následná transformácia do máp povodňového rizika Dunaja (MPR), vytvorenie tlačeného Atlasu Dunaja MPO a MPR a taktiež mapového web portálu, harmonizácia údajov pre podporu efektívneho rozhodovania na elimináciu rizika prostredníctvom zodpovedajúceho územného plánovania a zapojenie zainteresovaných strán. Atlas Dunaja, ako finálny produkt je súčasťou Dunajského akčného plánu ICPDR o protipovodňových opatreniach pre zlepšenie protipovodňovej ochrany ľudí a majetku a súčasné zlepšenie stavu životného prostredia pozdĺž rieky Dunaj a jeho inundácií.

Kľúčové slová

Dunaj, mapy povodňového ohrozenia, mapy povodňového rizika

About project „Stakeholder oriented flood risk assessment for the Danube floodplains“

Annotation

The Danube Floodrisk project aims was the production of the flood hazard maps of the Danube River and subsequent transformation to the flood risk maps of the Danube River, creation of the Danube Atlas of flood hazard and risk maps and besides the map web portal, harmonization of the data for the supporting of the effective decision for the risk elimination through equivalent land use planning and stakeholders involvement. Danube Atlas as the final product is the part of the Danube action plan of ICPDR about the flood protection measures for the improvement of the flood protection of the people and properties and improvement of the status of the environment along the Danube River and its inundations.

Key words

Danube River, Flood hazard maps, Flood risk maps

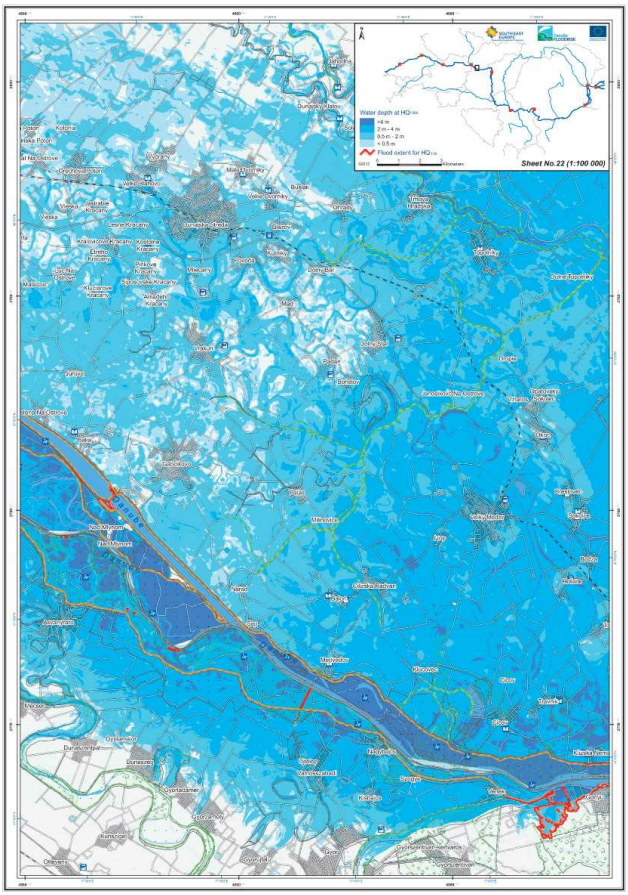
Vlastný text

V priebehu minulého storočia bola ochrana pred povodňami pozdĺž rieky Dunaj všeobecne vykonávaná výstavbou protipovodňových hrádzí, čo viedlo k pocitu bezpečia a následného zníženia povodňového vedomia. Povodne v roku 2002 v horných častiach povodia Dunaja, ako aj v roku 2006 a 2010 v dolnej časti povodia Dunaja opäť upozornili na limity realizovaných ochranných opatrení, pretože prišlo k preliatiu alebo zlyhaniu hrádzí a ukázalo sa, že zvyškové povodňové riziko stále pretrváva aj napriek všetkému doteraz vynaloženému úsiliu.

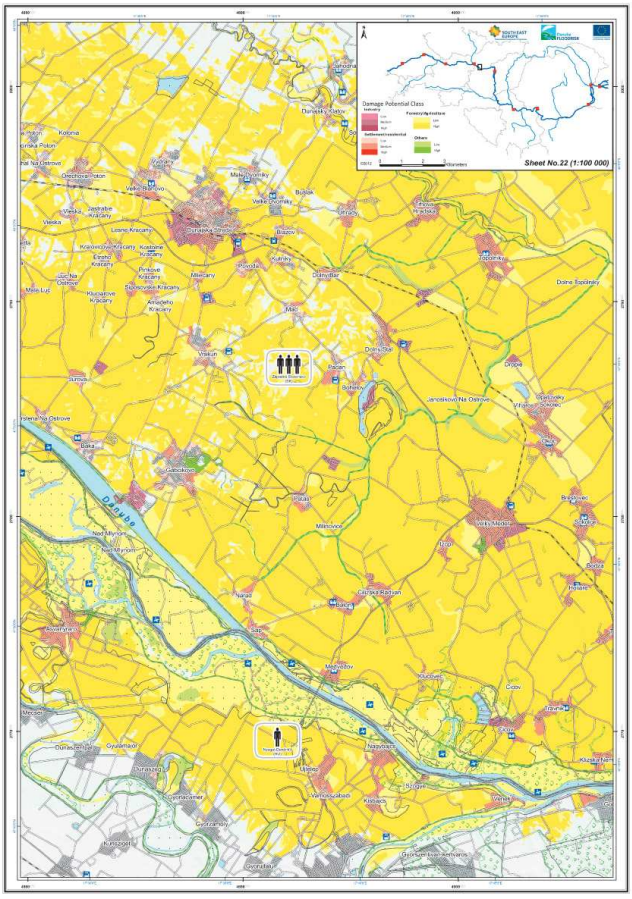
Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. bol partnerom projektu Danube Floodrisk, ktorý bol súčasťou programu Európska teritoriálna spolupráca Juhovýchodná Európa (ETS-JVE) a realizuje

významné ciele Smernice Európskej únie o hodnotení a manažmente povodňových rizík na celom toku Dunaja, ktorý je dôležitým príspevkom k realizácii európskeho územného rozvoja, Dunajskej stratégie a povodňovej politiky Európskej únie. Tento cezhraničný projekt podporovaný nemeckou vládou iniciovalo v septembri roku 2007, po ničivej dunajskej povodni v roku 2006, rumunské Ministerstvo životného prostredia a vodného hospodárstva, v rámci predsedníctva Medzinárodnej komisie na ochranu rieky Dunaj (ICPDR). Trvanie projektu bolo od mája 2009 do októbra 2012 s celkovým rozpočtom 4 860 732,- EUR. Na projekte spolupracovalo celkovo 19 projektových partnerov z Rakúska, Slovenska, Maďarska, Srbska, Chorvátska, Rumunska, Bulharska a Talianska, vrátane pozorovateľov z ICPDR, Európskej komisie (JRC – DG Joint Research Center) a Nemecka.

Atlas Dunaja, ako finálny produkt, vypracovaný v rámci projektu Danube Floodrisk je súčasťou Dunajského akčného plánu ICPDR o protipovodňových opatreniach pre zlepšenie protipovodňovej ochrany ľudí a majetku, a súčasne zlepšenie stavu životného prostredia pozdĺž rieky Dunaj a jeho inundácií. Atlas Dunaja znázorňuje oblasti vystavené povodňovým ohrozením a súvisiacich povodňových rizík a potenciálnych škôd. Atlas preto podporuje prioritu opatrení, ktoré je potrebné prijať ako súčasť Dunajského akčného plánu na protipovodňových opatreniach za účelom znižovania zostatkového rizika. Mapy znázorňujúce povodňové ohrozenie (ľavý list Atlasu Obr.č. 1) vyobrazujú očakávanú záplavovú hĺbku v odstupňovanej modrej farbe. Vyčíslenie povodňového rizika pre ľudí a majetok, mapy na pravom liste (Obr. č.2) vymedzujú prípadné škody v prípade extrémnych povodní a počtu postihnutých obyvateľov v danej časti NUTS-2 regiónu.



Obr. č.1 Atlas Dunaja - Mapa povodňového ohrozenia s vyobrazením intervalov hĺbok záplavy pri Q_{1000}



Obr. č.2 Atlas Dunaja - Mapa povodňového rizika s vyobrazením škôd pri záplave Q_{1000}

V povodí Dunaja sa vyskytujú prípady vysokej aj nízkej úrovne protipovodňovej ochrany územia. V oblastiach s ochrannými opatreniami pred povodňou Q_{100} a vyššou, zvyčajne povodeň zostáva v rámci protipovodňovej infraštruktúry, napríklad hrádzí a nedostavia sa záplavy mimo tieto prvky tak dlho, ako tieto prvky udržiavame. Zlyhanie ochranných prvkov aj so správnymi návrhovými parametrami môže nastať napríklad v prípade, keď tlak povodne na hrádzu trvá dlhšiu dobu a jej stabilita klesá. Preto bolo pre niektoré z predmetných úsekov s vysokou úrovňou ochrany uvažované **miestne zlyhanie ochranných opatrení** a zobrazí sa v Atlase, čo predstavuje najhorší prípad respektíve scenár zvyškového rizika. V iných oblastiach, napríklad ako je oblasť Viedne, bol považovaný scenár povodňového ohrozenia za veľmi nepravdepodobný z dôvodu veľmi vysokej úrovne ochrany (ochrana pred Q_{10000}) a nie je preto uvažovaná, čo predstavuje skôr realistický než nereálny scenár najhoršieho prípadu.

V oblasti s nižšou úrovňou ochranných opatrení a nechránenom území dochádza k preliatiu existujúcich prvkov protipovodňovej ochrany pri strednej a extrémnej povodni a v prípade keď neexistuje ochrana sú časté povodňové udalosti ktoré zaplavia nízko položené oblasti pozdĺž rieky, napríklad záplavové územie v Maďarsku a v delte Dunaja. Tu bolo nutné postupovať bez zohľadnenia zvyškového rizika.

Atlas Dunaja je vytlačený vo formáte A3 v mierke 1 : 100 000 hoci sú k dispozícii terénne dáta vo vysokom rozlíšení v takmer všetkých národných riečnych oblastiach (LIDAR dáta, dáta z leteckého snímkovania) a taktiež sú dostupné zememeračské dáta profilov korýt.

Táto mierka je vhodná pre cielené a prehľadné reprezentatívne účely, ale nebude dostatočne podrobná pre projekty na miestnej úrovni. Osobitná pozornosť bola venovaná zastúpeniu následkov možných extrémnych povodní zobrazením záplavových oblastí a súvisiacich hĺbok záplavy. Porovnateľne časté udalosti, ako napríklad povodne s intervalmi opakovania 30 a 100 rokov s uvedením ich záplavovej čiary.

Mapy obsiahnuté v Atlase predstavujú povodňovú hĺbku v danom okamihu pre extrémnu udalosť povodne pri Q_{1000} a je potrebné vziať do úvahy, že jedna samostatná udalosť nebude mať vplyv na rieku v celom rozsahu. To znamená, že Atlas Dunaja nepredstavuje povodňovú situáciu, ktorá by mohla nastať v dôsledku jednej udalosti na celom toku Dunaja. Mapy predstavujú skôr syntézu mnohých možných extrémnych javov, najnepriaznivejšej povodňovej situácie pre príslušné miesto a nebezpečenstvo pre každého jednotlivo. Tento všeobecný pohľad je založený na štatistickom predpoklade.

Projekt mal 7 pracovných balíkov (WP), kde WP1 a WP2 sú preddefinované a sú zamerané na manažment projektu (WP1) a prezentáciu projektu (WP2). V rámci WP3 bolo cieľom definovanie požiadaviek jednotlivých partnerov ohľadom kvality vstupných dát (DTM, priečne profily, hydrologické údaje), definovanie a harmonizácia pre aké prietoky sa budú robiť mapy (Q_{30}, Q_{100}, Q_{1000}) ako aj následné modelovanie (ktoré krajiny modelujú pre ustálené alebo neustálené prúdenie) a aj finálne vyhotovenie máp ohrozenia (Q_{30}, Q_{100}, Q_{1000}) a rizika (iba Q_{1000}). Finálnym výsledkom WP3 je „Harmonizačný manuál pre tvorbu máp povodňového ohrozenia a rizika“. V rámci WP4 boli aktivity zamerané na zainteresovanie tzv. tretích strán a následných užívateľov máp, prezentácia výsledkov projektu. V rámci WP5 boli aktivity zamerané na získanie dát potrebných pre tvorbu máp a modelovania. V rámci WP6 boli aktivity zamerané na tvorbu máp povodňového ohrozenia a rizika. Mapy povodňového rizika obsahujú aj mapy škôd. Škody sú počítané na základe máp ohrozenia a databázy BEAM (Basic European Assets Mapping). V rámci WP7 sa konali aktivity na pilotných územiach (tvorba máp rizika v mierke 1:25 000). Pilotné úseky boli realizované v Rakúsku, Bulharsku a Rumunsku.

ZABEZPEČENIE PODKLADOV A TVORBA MÁP

Externými dodávateľmi databáz leteckých ortofotosnímkov (DB OFM) a DB digitálneho terénneho modelu (DB DTM) boli firmy Eurosense, s.r.o. a Geodis Slovakia s.r.o., ktorí spolupracovali so subdodávateľmi pre hydrodynamické modelovanie DHI Slovakia s.r.o. a špecializovanými spoločnosťami pre zhotovovanie finálnych DB MPO a DB MPR ArcGeo Information System spol. s.r.o. a G-Base s.r.o.

Postup zabezpečovania podkladov a spracovávanie máp bol rozvrhnutý do 3 etáp:

I. etapa, pre predpokladané záplavové územie Dunaja na území SR v rozsahu 5000 km² a obsahovala:

- DB OFM v požadovanom farebnom (RGB) rastrovom georeferencovanom formáte TIF, (Eurosense, Geodis), rozlíšenie 1pix = 0,25m,
- DB DTM sieť výškových bodov, terénne hrany, (Eurosense, Geodis) s RMSEz do 0,5m,
- Vstupná DB LandUse - z DB DTM a DB OFM bola metódami gridovej interpretácie snímok vygenerovaná DB LandUse (tj. DB využitia krajiny). DB LandUse bola editovaná a rozdelená do kategórií voda (veľké vodné plochy a veľké rieky, urbanizované plochy, lúky a polia, lesy. RMSExy do 30m.

II. etapa, pre spresnené územie o veľkosti cca. 2500 km² čo predstavuje záplavové územie Dunaja pri Q_{1000} na území SR ktoré bolo na podklade analýzy vstupných DB dodaných v etape I. definované SVP a obsahovala:

- spresnená DB OFM v požadovanom farebnom (RGB) rastrovom georeferencovanom formáte TIF, (Eurosense, Geodis), rozlíšenie 1pix = 0,1m, RMSEz 0,10 – 0,15m;
- spresnená DB DTM vo forme nepravidelnej trojuholníkovej siete formátu ESRI TIN, (Eurosense, Geodis) s RMSEz do 0,15m,
- spresnená DB LandUse - z DB DTM a DB OFM bola metódami gridovej interpretácie snímok vygenerovaná DB LandUse (tj. DB využitia krajiny) spolu s DB 2D obvodov budov s adresnými bodmi. DB LandUse bola editovaná a rozdelená do kategórií: voda (veľké vodné plochy a veľké rieky, urbanizované plochy, lúky a polia, lesy), RMSExy do 2m.

III. etapa, obsahovala tvorbu týchto DB:

- DB MPO obsahuje informácie o predpokladanom zaplavenom území, s pravdepodobnosťou povodne priemerne raz za 1000 rokov (Q_{1000}), raz za 100 rokov (Q_{100}) a raz za 30 rokov (Q_{30}), čo je znázornené záplavovou čiarou - hranicou záplavového územia vloženou do DB OFM a s pripojenými údajmi o hĺbke vody [m], presnosť výsledkov hladiny záplavy RMSEz do ± 0,25 až 0,35 m, miestne 0,5 – 0,6 m. Pri rýchlosti prúdenia vody [$m.s^{-1}$] predstavuje presnosť

výsledkov rýchlosti prúdenia vody možno odhadovať do 20 %, pričom miestne vplyvy prekážok môžu spôsobiť výraznejšie odchýlky.

- DB MPR obsahuje informácie o lokalizácii oblastí s rôznou mierou povodňového rizika spolu s odhadom relatívnych škôd - pravdepodobná úroveň poškodenia uvedená v [%] a [EUR]. Do DB dát povodňového rizika charakterizujúceho zraniteľnosť územia vstupujú tiež informácie o infraštruktúre krajiny so základnými prvkami v zmysle slovenskej legislatívy. Pri tvorbe máp rizika v súvislosti s použitou mierkou bola použitá editovaná vrstva LandUse, ktorá rozlišuje tieto druhy územia: vodné plochy, osídlené územia (urbanizované a priemyselné), lúky a polia a kategóriu lesy.

Ďalšie podklady nevyhnutné pre vyhotovenie MPO a MPR: zameranie 3D profilov dna Dunaja a jeho prítokov do vzdialenosti spätného vzdutia (Morava, Váh, Hron, Ipeľ), kde boli použité meračské dáta SVP, š.p., OZ Bratislava, OZ Piešťany a OZ Banská Bystrica s presnosťou RMSEz do 0,10m, spätné zapracovanie 3D profilov do DTM a vytvorenie podkladu formátu TIN pre tvorbu hydrodynamického modelu, zabezpečenie vstupných hydrologických dát Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) pre vybraných 10 profilov $Q_{30,100,1000}$ v II. a III. triede presnosti**,** údaje o hodinových vodných stavoch a prietokoch z povodne v auguste 2002 a z povodne v júni 2010, hodnoty maximálnych kulminačných povodňových prietokov Dunaja, merné krivky pre profily Devín, Medveďov, Komárno, Štúrovo, návrhové prietokové vlny Dunaja Q1000 pre Devín, Medveďov, Komárno a Štúrovo, manipulačný poriadok Vodného diela Gabčíkovo, hydrogram z prietrže pri Čičove v roku 1965, hydrologické dáta, dolná okrajová podmienka HU, horná okrajová podmienka AT, tematické vodohospodárske vrstvy pre spracovanie MPO a MPR (GIS Projekt OZ Bratislava), štatistické dáta (počet obyvateľov v roku 2010) (ŠÚ SR), databáza BEAM, ktorá bola zabezpečená cez službu GMES EMERGENCY RESPOSE SERVICE v rámci projektu SAFER prostredníctvom Úradu civilnej obrany Ministerstva vnútra SR, na podnet SVP, š.p., OZ Bratislava, škodové funkcie vyplývajúce z metodiky BEAM, ktoré spracovala v rámci projektu spoločnosť GEOMER - viac nižšie v texte.

Pre potrebu hydrodynamického modelovania bol spoločnosťou DHI Slovakia s.r.o. použitý simulačný prostriedok MIKE 21 FM - dvojrozmerný matematický model neustáleného prúdenia s flexibilnou výpočtovou sieťou, ktorý pozostával zo 7 čiastkových 2D modelov celého riešeného územia s rozlohou takmer 2800 km^2. Tento rozsiahly 2D model je tvorený výpočtovou sieťou tvorenou z 667.583 trojuholníkových a štvoruholníkových prvkov a obsahuje 458.311 uzlov.

Rozsah zaplavenia územia Žitného ostrova bol stanovený na základe kombinácie výsledkov simulácií 6 prietrží dunajskej hrádze (Bratislava - Slovnaft, Hamuliakovo, Horný Bar, Gabčíkovo, Čičov, Nová Stráž) ako výslednej obalovej krivky rozsahu záplavy. Aby sa zabezpečila spoľahlivosť výsledkov modelových výpočtov, bol model čiastočne nakalibrovaný a následne verifikovaný. Pri kalibrácii sa odporové súčinitele modelu v koryte Dunaja menili tak, aby sa dosiahla prijateľná zhoda medzi vypočítanou výškou hladiny a hodnotami z merných kriviek prietoku v Medveďove a v Komárne. Verifikácia modelu v oblasti koryta Dunaja bola vykonaná na základe porovnania merných kriviek (SHMÚ) hladín Dunaja v merných profiloch Medveďov a Komárno.

Pomocou zostaveného 2D modelu bolo simulované prúdenie povodňových prietokov v koryte Dunaja a predpokladanom inundačnom území Žitného ostrova. Modelované boli ustálené N-ročné prietoky veľkých vôd Q_{30}, Q_{100} a Q_{1000}.

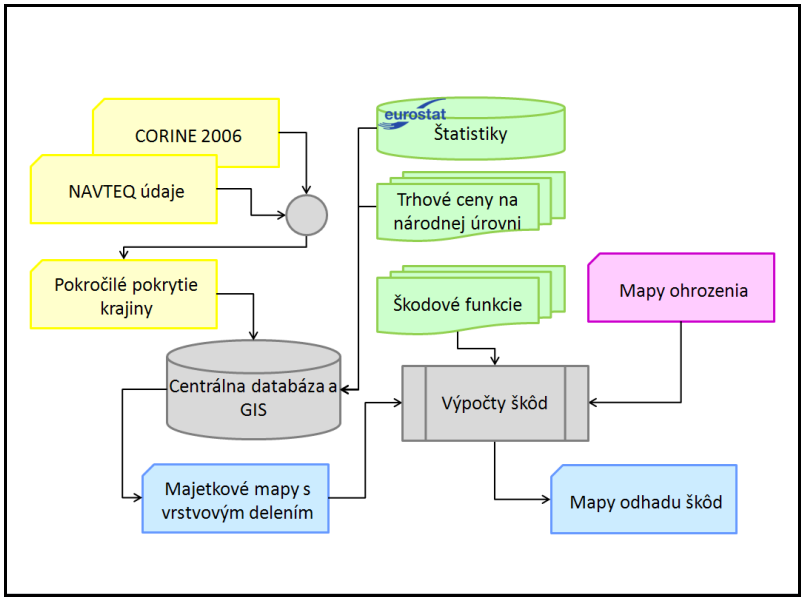
Výsledkom simulačných výpočtov sú údaje o nadmorskej výške hladiny vody, hĺbke vody, rýchlosti v každom prvku výpočtovej siete plošne pokrývajúcej celú modelovanú oblasť.

Na tvorbu záplavových máp ako podkladu pre MPO a MPR bol použitý nástroj ArcMap verzia 10 a grafické prostredie Geomedia. Plošné rozdelenie vypočítaných hydraulických veličín je priamo výsledkom 2D modelu, ich grafické znázornenie bolo vytvorené pomocou špecializovaného nástroja DHI DataViewer.

Miera rizika v MPR bola vyhodnotená ako nízka, prijateľná, veľká a extrémna. Stanovená bola na základe britskej metodiky ako priame riziko pre ľudí vystavených povodňovej vode, kde HR = d*(v+n)+DF, pričom: HR = hodnotenie rizika, d = hĺbka vody [m], v = rýchlosť prúdenia vody [m.s-1], DF = Debris Factor, N = 0,5 konštanta.

Pri spracovávaní povodňových škôd pre MPR bol použitý DHI nástroj „Flood Damage Assessment Tool“ (FDAT) - rozšírenie ArcGISu, ktorý slúži na odhad peňažných škôd a analýzu nákladov a

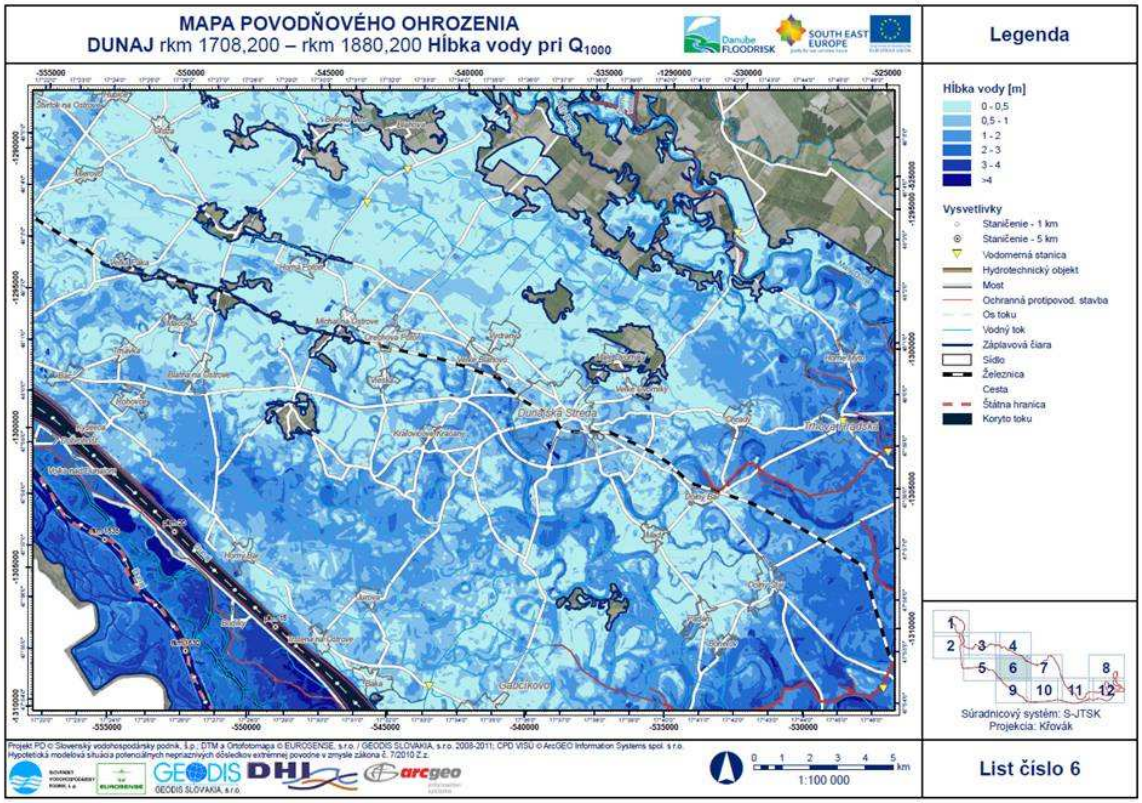
prínosov na porovnanie a vyhodnotenie scenárov bez a s preventívnymi opatreniami. Tento nástroj bol navrhnutý tak, aby pomohol kvantifikovať vplyv katastrofických udalostí na spoločnosť a životné prostredie. Do výpočtov vstupujú nasledovné údaje:
1. Odhad povodne pre N-ročné prietoky Q_{30}, Q_{100} a Q_{1000}.
2. Informácie o druhu hospodárskej činnosti. Takéto údaje sú dané mapou využitia územia „CORINE“ (napr. lesné porasty, polia, priemyselné oblasti, zástavba,...). Typy využitia územia CORINE predstavuje 6 kategórií + vodné plochy: zástavba, priemysel, doprava (cesty), poľnohospodárska pôda, lesy a mokrade, ostatné.
3. peňažné údaje - hodnota ohrozeného majetku [€/m2] vychádzajúce z harmonizovanej databázy BEAM pre územie SR.
Databáza BEAM predstavuje základnú európsku mapu majetku a je založená na zostavovaní aktív príslušných socioekonomických štatistík, členených v istých administratívnych úrovniach (NUTS0, NUTS3 a LAU1) a priradenie týchto štatistických hodnôt k údajom využitia územia, alebo vypočítanej hustoty obyvateľstva [osôb/km ²]. (Viď obr.č.3) Kľúčovou je úvaha, že jedna trieda využívania územia môže mať rôzne majetkové úrovne, ktoré sú k nej priradené. (napr. "sídelný areál" zahŕňa "domácnosti", "vozidlá", atď.)
Aby boli získané porovnateľné výsledky, bola použitá hlavná Európska databáza informácií (Eurostat). Boli tiež začlenené ďalšie hodnoty z rôznych iných zdrojov (národné štatistiky, priemysel, vedecké publikácie). Všetky hodnoty boli prevedené na menu [EUR] s použitím oficiálnych menových kurzov.



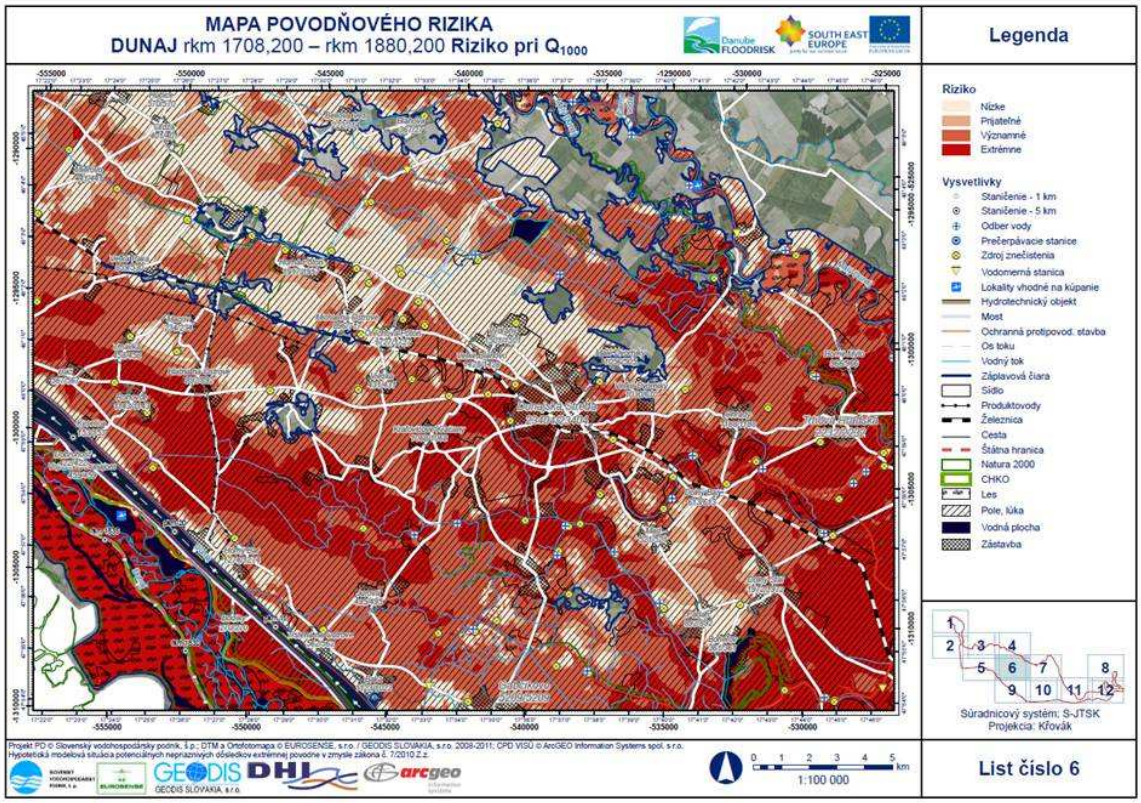
Obr.3 Vývojový diagram spracovávania údajov podľa metodiky BEAM

4. Škodové krivky („damage functions“) - odhad škody [%] ako funkcia hĺbky [m], pre každé povodňou ovplyvnené územie. Príklady vzorcov pre škodové krivky jednotlivých typov využitia územia: zástavba $Y = 2x2 + 2x$ resp. $Y = 11,4x + 12,625$; priemysel $Y = 2x2 + 2x$ resp. $Y = 7x + 5$; doprava $Y = 10x$ ($x<1$) resp. $Y = 10$ ($x>1$) ; poľnohospodárska pôda $Y = 1$; lesy $Y = 1$; ostatné $Y = 1$ kde x = hĺbka povodňovej vody v metroch a Y = škody %.

Pre potreby vytvorenia tlačeného Atlasu boli rumunským partnerom odovzdané podklady: gridy hĺbok zaplaveného územia, gridy škôd v jednotlivých kategóriách spracovaných podľa metodiky BEAM, rozsah zaplaveného územia, vybrané body záujmu z databázy NAVTEQ a existujúce protipovodňové opatrenia na Dunaji a jeho prítokoch.
Paralelne s tým na Slovensku vznikla v spolupráci so spoločnosťami ArcGeo Information System spol s.r.o. a G-Base s.r.o. taktiež digitálna podoba DB MPO a DB MPR v dvoch verziách, spracovaná pre kontrolu dát a potreby OZ Bratislava vo forme GeoTiff a GeoPDF súborov ktoré umožňujú účelné zapínanie vybraných vrstiev vo výsledných mapových listoch.



Obr. č.4 Mapa povodňového ohrozenia s vyobrazením intervalov hĺbok záplavy pri Q_{1000}



Obr. č.5 Mapa povodňového rizika pri záplave Q_{1000} a počtu postihnutých obyvateľov v obciach z údajov Štatistického úradu SR z roku 2010

Záverom možno konštatovať, že vstupy a výstupy zabezpečené vo vysokej presnosti v rámci projektu Danube Floodrisk t.j. DB OFM, DB DTM, DB hydrologických dát, samotný rozsiahly hydrodynamický model a nadobudnuté skúsenosti správcu, sú cenným prínosom pri spracovávaní národných máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika pripravovaných v národnom projekte SR v zmysle platnej legislatívy.

Použitá literatúra:

1. Podkladové materiály projektu Danube Floodrisk
2. Technická sprava - Tvorba máp povodňového ohrozenia a povodňového rizika na Dunaji, DHI Slovakia, s.r.o. Bratislava, júl 2012

Návrh protipovodňových opatrení v povodí Ipľa a Slanej s využitím projektov cezhraničnej spolupráce s Maďarskom

The proposal of flood-protection treatments in the rivers Ipeľ and Slaná catchment areas with the use of Hungary–Slovakia cross-border cooperation projects

Kušniráková I., SVP, š.p. odštepný závod Banská Bystrica, ingrid.kusnirakova@svp.sk

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p, OZ Banská Bystrica ako cezhraničný partner sa v spolupráci s maďarskými partnermi v rámci cezhraničnej stratégie rozvoja povodí riek Ipľa a Slanej podieľa na využívaní spoločných vodných zdrojov, ochrane životného prostredia a protipovodňovej ochrany území. Získavaním informácií o plochách inundačných území, sa predpovedá vývoj záplavových území. Cieľom projektov je posúdenie možností ochrany pred povodňami pomocou diaľkového prieskumu a spoločné zosúladenie hydrologických údajov. Na základe získaných databáz sa navrhuje simulácia povodní a na základe výskumu sa navrhne protipovodňová prevencia na slovenskom i maďarskom území.

Kľúčové slová: povodeň, protipovodňová ochrana, cezhraničná spolupráca s Maďarskom

Abstract:

Slovak water management enterprise, state enterprise, branch office Banská Bystrica as an cross-border partner with the cooperation with Hungarian partners in the framework of cross-border strategy of the rivers Ipeľ and Slaná catchment areas development participates in joint use of water sources, protection of environment and protection against floods. The prediction of the flooding areas development is based on information about the areas of the inundation fields. The aim of the projects is to consider flood control possibilities with the use of remote sensing and joint harmonization of hydrologic data. The output of acquired databases will be the simulation of floods and the proposal of flood control in the Slovak and Hungarian territories.

Vstupom Slovenskej republiky do Európskej únie sa otvorila možnosť užšej spolupráce s členskými krajinami EÚ a zároveň aj možnosť čerpania finančných prostriedkov EÚ.Medzi prioritné oblasti v politike EÚ patrí aj životné prostredie. Ochrana životného prostredia a s nimi súvisiaca ochrana pred povodňami nadobúda čoraz širší medzinárodný rozmer.

Povodne sú hydrologický jav ignorujúci štátne hranice, a preto k protipovodňovej ochrane je nutné pristupovať ako k súčasti integrovaného a komplexného riadenia vzájomne sa ovplyvňujúcich činností v povodiach. Európska únia a Európska komisia smeruje aktivity v tejto oblasti do:

1. politiky v oblasti vedy a výskumu (vhodné metódy a nástroje na predpoveď a regulovanie priebehu povodní, periodické školenia pracovníkov na lokálnej a na regionálnej úrovni ako i pracovníkov zodpovedných za cezhraničnú spoluprácu)
2. regionálnej politiky (využiť a navrhnúť právne postupy na preklenutie medzier v medzinárodných dohovoroch a zmluvách; využitie štrukturálnych fondov, predovšetkým Európsky regionálny rozvojový fond a Kohézny fond umožňujúci v rámci infraštruktúry aj financovanie preventívnych opatrení protipovodňovej ochrany)
3. poľnohospodárskej politiky (koordinovanou poľnohospodárskou stratégiou možno prispieť k redukcii rozsahu a dôsledkov povodní)
4. do environmentálnej politiky

Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000 ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky (RSV), ktorá je do právneho systému Slovenskej republiky transponovaná zákonom č. 364/2004 Z. z. o vodách v znení neskorších predpisov, vytvára nový prístup k ochrane vôd. Celý proces implementácie je rozplánovaný do obdobia rokov 2003 – 2027 s podrobnejším vymedzením úloh pre naplnenie prvého plánovacieho cyklu, ktorý končí v roku 2015 revíziou splnenia environmentálnych cieľov.

Vyžaduje pre každé povodie, resp. správne územie povodí vypracovanie integrovaných plánov manažmentu s cieľom dosiahnuť dobrý ekologický a chemický stav, čo prispeje k zmierneniu následkov povodní. Zníženie povodňového rizika však nie je jedným z hlavných cieľov uvedenej smernice a táto smernica ani nezohľadňuje budúce zmeny rizika povodní v dôsledku klimatických zmien. Preto Európsky parlament a Rada Európskej únie prijali 23. októbra 2007 Smernicu Európskeho parlamentu a rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík. Smernica 2007/60/ES, ktorá je do sústavy právnych predpisov Slovenskej republiky transponovaná zákonom č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami, predstavuje komplexný a na medzištátnej úrovni v rámci celých povodí koordinovaný systém plánovania a realizácie opatrení tvoriacich ucelený systém manažmentu povodňových rizík.

Monitoring a hodnotenie podmienok cezhraničných vodných útvarov a medzinárodných jazier sú špecifickými cieľmi Dohovoru o ochrane a využívaní cezhraničných vôd a medzinárodných jazier (Helsinki, 1992). Štáty, ktoré majú spoločné cezhraničné vody, ustanovia a budú implementovať spoločné programy monitoringu a hodnotenia podmienok cezhraničných vôd vrátane povodní , taktiež cezhraničných dopadov; dohodnú sa na ukazovateľoch kvality vody a znečisťujúcich látkach, ktorých koncentrácie sa budú pravidelne sledovať v cezhraničných vodách; budú vykonávať spoločné alebo koordinované hodnotenie podmienok stavu cezhraničných vôd a efektívnosti vykonaných opatrení na prevenciu, kontrolu a zníženie cezhraničných dopadov; výmenu údajov o stave cezhraničných vôd vrátane údajov z monitoringu; budú sa navzájom informovať o všetkých kritických situáciách, ktoré môžu mať cezhraničný dopad; a poskytnú výsledky z monitoringu vôd a odpadových vôd verejnosti, spolu s výsledkami kontroly zhody s cieľmi kvality vody a podmienkach povolenia.

Bilaterálna spolupráca SR v rámci komisií hraničných vôd sa rozvíja pod gestorstvom Ministerstva životného prostredia, sekcia vôd.
Pre riešenie jednotlivých úloh Komisie sú vytvorené pracovné skupiny a skupiny expertov, s každým zmluvným štátom osobitne. Tieto pracujú na základe poverení, zásad spolupráce a smerníc stanovených jednotlivými komisiami, tak ako im vyplývajú z medzivládnych dohôd, resp. medzištátnej zmluvy, v ktorých sú aj vyšpecifikované jednotlivé oblasti spolupráce a z nich vyplývajúce úlohy. (Dohoda medzi vládou Československej socialistickej republiky a vládou Maďarskej ľudovej republiky o úprave vodohospodárskych otázok na hraničných vodách).
Na presadzovanie záujmov Slovenskej republiky na hraničných vodách bola zriadená Slovensko-maďarská komisia pre hraničné vody.

Program cezhraničnej spolupráce Slovenská republika - Maďarsko, ako ďalšia generácia financovania zo štrukturálnych fondov v programovom období 2007-2013, vstúpil do platnosti 20. decembra 2007. Program nahrádza predchádzajúci Program susedstva Maďarská republika – Slovenská republika – Ukrajina 2004-2006 realizovaný v rámci Iniciatívy Spoločenstva INTERREG.

V Maďarsku (na rozdiel od SR) okamžite spustili interdisciplinárne koncipované národné projekty. Spoločný sekretariát zriadili v Budapešti a tým zvýšili možnosti maďarských inštitúcií zapojiť sa aktívne do ovplyvňovania využitia týchto finančných zdrojov do environmentálnych oblastí. Doteraz sa vedúcim leaderom projektov väčšinou stávajú maďarské organizácie, ktoré oveľa akčnejšie , bez zbytočných administratívnych prieťahov dokážu doviesť projekty k úspešnému ukončeniu. Nielen, že vedia k tomu využiť administratívne kapacity maďarských odborníkov, ale umožňujú si tak zvýšiť zamestnanosť v štáte a z európskych zdrojov zabezpečiť ich zaškolenie nielen v oblasti odbornej, ale aj v zvládnutí cudzích jazykov, predovšetkým v angličtine.

Ipeľ – 1.projekt Prieskum hraničnej oblasti a povodia toku Ipeľ

Ipeľ – 2.projekt Vytvorenie spoločného integrovaného hydrologického systému pre povodie rieky Ipeľ, poskytujúceho predpovede a informácie v reálnom čase“

Za aktívnej pomoci maďarskej vodohospodárskej organizácie KDV VIZIG Budapešť sme v rámci uvedených spoločných projektov začali hlbšie štúdium extrémnych prejavov počasia a odtoku vody z povodia Ipľa, s cieľom kvalitnejšie definovať prírodné riziká a prehodnotiť návrhové veličiny na posudzovanie účinnosti existujúcich a dimenzovanie nových preventívnych technických a netechnických opatrení na ochranu pred povodňami. Väčšina postupov, ktoré sa využili pre špecifikáciu typu a kombinácie preventívnych protipovodňových opatrení v riešenej oblasti sa aplikuje podľa zamerania a matematickým modelovaním. Používanie modelových informačných technológií umožní simulovanie vzniku a postupu povodní, hodnotenie ich frekvencie a nebezpečnosti. Úspešnosť všetkých modelovacích postupov však nezávisí len od zvládnutia samotnej metódy skúmania povodne, ale aj od množstva a kvality vstupných údajov, údajov o vlastnosti prostredia a od poznatkov o vplyvoch zmien vlastností prostredia a krajiny na tvorbu a režim odtoku.
Prvoradým cieľom realizácie projektov bolo založenie spoločnej dokumentácie koryta rieky rovnakého typu na obidvoch stranách hraničného vodného toku, vytvorenej na základe výsledkov spoločného zamerania (topografického i fotogrametrického), uskutočneného po predbežnom zosúladení na odbornej úrovni.
Bez vykonania tohto spoločného zamerania by sa úlohy súvisiace s vodným hospodárstvom a plánovaním manažmentu povodia, činnosti zamerané na údržbu koryta, na znižovanie povodňových rizík, dali realizovať na obidvoch stranách štátnej hranice so značne nižšou efektivitou. Vzájomná spolupráca prispela aj k vytvoreniu základov pre spoločnú prognózu priebehu prietokov a prípravy činností súvisiacich s úpravou koryta rieky. Spoločná činnosť v prípade rieky Ipeľ so silne výstredným prietokovým režimom bude mať významný prínos z hľadiska znižovania povodňových rizík.
Odtokový model uľahčí určovanie optimálnych nárokov vody ekologických hodnôt, zníženie rizík havárií prostredia, a plánovanie, vzťahujúce sa na využitie v rôznych oblastiach.

Projekty možno považovať ako novinku v spolupráci dvoch štátov, nie je experimentálneho charakteru, nevzťahuje sa na vzorové prvky, jej cieľom je skutočné zavedenie a použitie.
Pomocou spoločne vyvinutého a použitého modelu, ktorý bude prevádzkovaný v dennej praxi budú obidve strany efektívnejšie postupovať v protipovodňovej ochrane a vo vodnom hospodárstve.
Veríme, že priebežné udržiavanie výsledkov projektu vo výmene údajov a v zrážkovo-odtokovom modeli zabezpečí ich pohotovostnú použiteľnosť a rozvoj, bude v záujme orgánov a organizácií zriadených štátom, pôsobiacich v oblasti ochrany životného prostredia a vodného hospodárstva.

Prieskum povodňových rizík povodia Slanej metódami snímania na diaľku

Účelom projektu je uskutočnenie prieskumu toku Slaná a jej prítoku Rimava, pretekajúcej cez maďarsko-slovenskú štátnu hranicu. Slaná je rieka, ktorá spája región a povodia na slovenskej i maďarskej strane. Pre vykonanie úloh stanovených v plánoch manažmentu povodí je potrebné vykonať jednotný prieskum rieky a jej prostredia za účelom naplánovania potrebnej údržby koryta, pre rozvoj hydrometeorologických predpovedí, pre operatívnu prípravu na protipovodňovú ochranu a pre plánovanie v oblasti vodohospodárstva, ochrany životného prostredia a prírody. Popri ochrane prírodných hodnôt je prioritným cieľom pri riešení úloh cezhraničnej protipovodňovej ochrany aj ochrana ľudského prostredia, majetku a ľudského života.
V rámci spolupráce na vysokej úrovni došlo k prieskumu rieky Slaná a jej záplavových území prostredníctvom leteckého hyperspektrálneho snímania a leteckého laserového snímania; uskutočnil sa prieskum priečnych profilov koryta tradičnými geodetickými metódami; bude vypracovaný digitálny model terénu, mapa vegetácie a model simulácie záplav.
Vedúcim partnerom projektu je Vysoká škola Karola Roberta [Károly Róbert Főiskola], Gyöngyös, ďalšími partnermi sú Észak-Magyarországi Vízügyi Igazgatóság (Severomaďarské vodohospodárske riaditeľstvo) a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (Technická a ekonomická univerzita Budapešť, Maďarsko).

Prehľad realizovaných projektov s uvedením oprávnených nákladov SVP, š.p. OZ Banská Bystrica:

HUSK 0801/2.1.2/0164	Ipeľ - 1. projekt	1.11.2009 - 31.10.2010	339 720,22 €
HUSK 1101/2.1.1/0012	Ipeľ - 2.projekt	1.2.2013 - 31.8.2014	445 532,53 €
HUSK 1101/2.1.2/0026	Slaná	1.3.2012 - 30.6.2013	174 240,00 €

Ďalšími pripravovanými projektami sú:

„Vytvorenie organizačných postupov pre rozvoj projektov s cieľom dosiahnutia dobrého ekologického stavu na toku Ipeľ – demonštračný projekt", ktorého cieľom bude spracovanie projektových dokumentácií pre 2 rybovody a zmapovanie mŕtvych ramien, ktoré budú vhodné na oživenie.

“Zabezpečenie odberu vody na pitné účely z rieky Ipeľ a rozvoj okolia toku v úseku odberného objektu Rárószpuszta", dôležitou aktivitou bude spracovanie projektu a zrealizovanie rybovodu pri vybudovanej hati.

Závery:

Povodne majú prírodné, prirodzené a antropogénne príčiny. Sú ale aj rizikom ľudskej úspešnosti od čias prvých riečnych civilizácií. Toto riziko sa nedá celkom zlikvidovať, možno ho minimalizovať, ale treba s ním žiť. Útok na prirodzenosť rieky vyvoláva jej reakciu v podobe nebezpečných záplav. Vodný tok možno regulovať, zvyšovať hrádze, vyrovnávať prietoky, urýchľovať odtok, budovať vodné nádrže a poldre, monitorovať a prevádzkovať varovný systém, ale najdôležitejšie je pochopiť jeho prirodzenosť a naučiť sa s ním žiť.

Po realizácii zamerania koryta rieky sa prispeje k vytvoreniu základu pre ďalšie prehĺbenie regulárnej spolupráce vodohospodárskych inštitúcií pôsobiacich na oblastnej úrovni, do ktorej môže byť zahrnutá spoločná aktualizácia databázy, vypracovanie ďalších rozvojových koncepcií alebo spolupráca pri plánovaní činností súvisiacich s úlohami vzťahujúcimi sa na celé povodie.

Cieľové skupiny projektu, nachádzajúce sa na obidvoch stranách štátnej hranice, majú rovnaké záujmy a táto zhoda záujmov môže prispieť k vytvoreniu spolupráce v ďalších oblastiach medzi inštitúciami ako aj subjektmi pôsobiacimi v ekonomickej či občianskej sfére.

Vypracovanie optimalizovaného manažmentu povodia na základe výsledkov zamerania koryta rieky, poskytne ekonomickým subjektom, ktoré sú spotrebiteľmi vody, ďalšiu možnosť pre rozvoj ich činnosti, čo bude mať vplyv na zvýšenie zamestnanosti a tým aj životnej úrovne ako aj na zlepšenie kvality životného prostredia.

Ďalšími užívateľmi výhod budú prihraničné regióny, a tie majú prvoradý záujme na tom, aby mali k dispozícii nielen fundované, ale aj priebežne aktualizované informácie. Toto je dôležité aj z hľadiska udržania obyvateľstva na týchto územiach.

Orgány a organizácie, na základe výsledkov projektu, získaných zo zamerania, budú schopné sformulovať a zrealizovať stratégie, ktoré majú kľúčový význam na národnej, ako aj regionálnej úrovni pre spravovanie hraničného vodného toku a jeho povodia. Medzi ne patrí plnenie úloh, vyplývajúcich z Rámcovej smernice EÚ pre vodnú politiku, plánovanie manažmentu povodia, povinnosti, vyplývajúce z bilaterálnych zmlúv v oblasti protipovodňovej ochrany a rozvoja protipovodňových opatrení, vymedzenie chránených území, v spolupráci s riaditeľstvami národných parkov (napr. územie patriace pod ochranu Ramsarského dohovoru), ďalší rozvoj vzácnych chránených území (Natura 2000).

Naša spoločná práca v rámci projektov zapadá do komplexnej dlhoročnej spolupráce medzi našimi odbornými vodohospodárskymi organizáciami, rok 2013 je rokom medzinárodnej spolupráce vo vodnom hospodárstve. Podpora v rámci Programu cezhraničnej spolupráce Maďarská republika - Slovenská republika i v nasledujúcom programovom období ako nástroja európskej teritoriálnej spolupráce podporí vzájomnú kooperáciu inštitúcií a zároveň napomôže prihraničným regiónom trpiacim znevýhodnenou polohou a pripojením na centrá rastu a tým nízkou ekonomickou výkonnosťou približovať sa k štandardu Európskeho spoločenstva.

Application of multi-sensor remote sensing for flood prevention planning over the Sajó/Slana river

Enyedi, P., Károly Róbert College, Research Institute of Remote Sensing and Rural Development, Gyöngyös, penyedi@karolyrobert.hu
Kiss, A. Károly Róbert College, Research Institute of Remote Sensing and Rural Development, Gyöngyös, kiss.alida@karolyrobert.hu
Tomor, T., Károly Róbert College, Research Institute of Remote Sensing and Rural Development, Gyöngyös, tomor@karolyrobert.hu
Szűcs, A., Károly Róbert College, Research Institute of Remote Sensing and Rural Development, Gyöngyös, aszucs@karolyrobert.hu

Abstract
In this study it is presented a complex aerial survey over the Sajó Valley and a new framework through the application of airborne LIDAR, hyperspectral data and high resolution digital aerial imagery in highly detailed aerial mapping. The result of the multisensor aerial survey is used for vegetation mapping, estimation of the volume of the biomass, generation of simulation based modelling of flooding based on digital terrain model of the surveyed area. The project presented is expected to contribute to the improvement of the flood protection capabilities, the conditions of environmental protection and the nature conservation of the region in possession of the digital base data acquired by aerial remote sensing technologies.

Keywords
airborne LIDAR survey, airborne hyperspectral imagery, flood risk reduction

Introduction

The aim of the project was a survey of the Sajó river flowing through the Hungarian-Slovak border. The Sajo river can connect the area and the common interest catchment, so its protection, the common use of water resources, the environment-, nature-, and flood protection are a public interest. Tasks specified in the river basin management plans necessitate a standardized survey of the Sajo river and its environment to the proper water-course maintenance planning, the hydro-meteorological forecast development, the operational preparation of the flood control and the planning of the water management, environmental protection and nature conservation. Multisensor data acquisition was completed within the high degree cooperation the Sajo river and floodplain: airborne hyperspectral remote sensing and airborne laser scanner survey; water-course segment survey with conventional geodetic tools; digital land model; digital surface model; vegetation maps and flood simulation model.

Remote sensing technologies and devices

The remotely sensed data has an increasingly important role in the research and mapping of our environment. The fast acquisition of highly accurate data from a large area has become indispensable in the environment and nature protection. There is an indisputed need to efficiently monitor the environmental variables such as biodiversity. The aerial remote sensing technologies can provide high information content and accurate data to accomplish a big part of this task. Here we present a remote sensing framework designed to improve the quality and quantity of information available for environmental protection and the nature conservation.
The presented technologies has been proven in different researches of the Károly Róbert College over the past few years.

General introduction about laser scanning (LIDAR) technology

LIDAR technology

The fast acquisition of highly accurate spatial data from a large area was indispensable in the ptoject so we used aerial laser scanner (LIDAR) to produce digital terrain model (DTM) and digital surface model (DSM) of the target area.
LIDAR (light detection and ranging) is an optical remote-sensing technique that uses laser light to scan the surface of the earth, producing highly accurate spatial data. LIDAR, primarily used in airborne laser mapping applications, is emerging as a cost-effective alternative to traditional surveying techniques such as photogrammetry. LIDAR produces mass point cloud datasets.

The major hardware components of a LIDAR system include a collection vehicle (aircraft, helicopter, vehicle, and tripod), laser scanner system, GPS (Global Positioning System), and INS (inertial navigation system). An INS system measures roll, pitch, and heading of the LIDAR system (*Fig. 2.*).

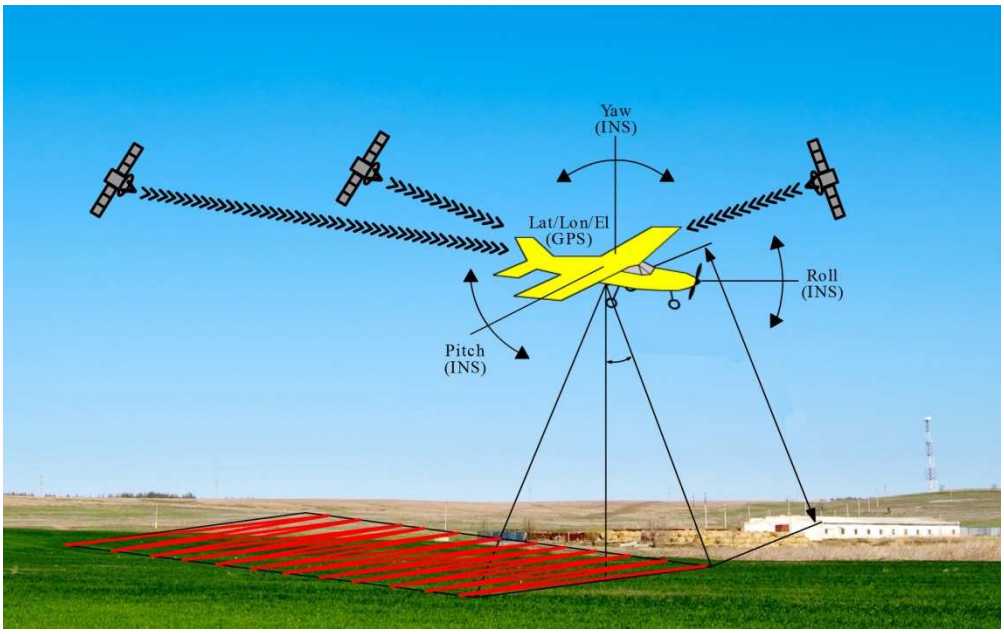


Figure 1. Operation of airborne LIDAR technology

LIDAR is an active optical sensor that transmits laser beams toward a target while moving through specific survey routes. The reflection of the laser beam is detected and analyzed by receivers in the LIDAR sensor. These receivers record the precise time from when the laser pulse left the system to when it is returned to calculate the range distance between the sensor and the target. Combined with the positional information (GPS and INS), these distance measurements are transformed to measurements of actual three-dimensional points of the reflective target in object space.

The point data is post-processed after the LIDAR data collection survey into highly accurate georeferenced x,y,z coordinates by analyzing the laser time range, laser scan angle, GPS position, and INS information.

Laser pulses emitted from a LIDAR system reflect from objects both on and above the ground surface: vegetation, buildings, bridges, and so on (*Fig. 2.*). One emitted laser pulse can return to the LIDAR sensor as one or many returns. Any emitted laser pulse that encounters multiple reflection surfaces as it travels toward the ground is split into as many returns as there are reflective surfaces.

The first returned laser pulse is the most significant return and will be associated with the highest feature in the landscape like a treetop or the top of a building. The first return can also represent the ground, in which case only one return will be detected by the LIDAR system.

Multiple returns are capable of detecting the elevations of several objects within the laser footprint of an outgoing laser pulse. The intermediate returns, in general, are used for vegetation structure, and the last return for bare-earth terrain models.

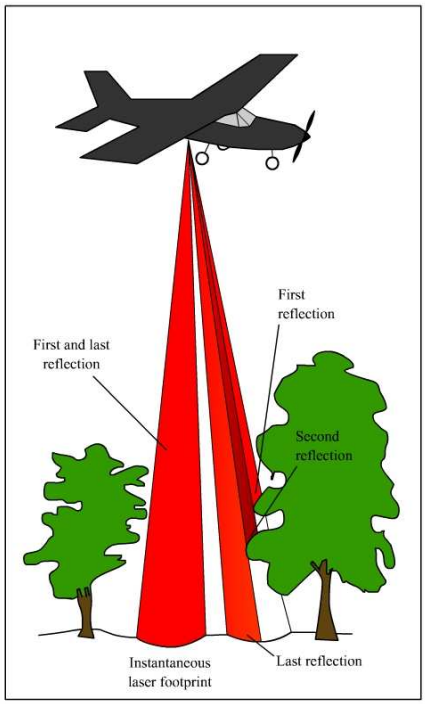


Figure 2 LIDAR laser returns

Additional information is stored along with every x, y, and z positional value. The LIDAR point attributes are maintained for each laser pulse recorded: intensity, return number, number of returns, point classification values, points that are at the edge of the flight line, RGB (red, green, and blue) values, GPS time, scan angle, and scan direction.

Post-processed spatially organized LIDAR data is known as point cloud data. The initial point clouds are large collections of 3D elevation points, which include x, y, and z, along with additional attributes such as GPS time stamps. The specific surface features that the laser encounters are classified after the initial LIDAR point cloud is post-processed. Elevations for the ground, buildings, forest canopy, highway overpasses, and anything else that the laser beam encounters during the survey constitutes point cloud data.

General presentation of hyperspectral imagery

The aim of aerial hyperspectral imagery is to collect data with high information content and field resolution about our environment. Therefore one such image may be suitable for determining material or biophysical properties that would not be possible using traditional aerial imagery. This is due to the fact that a hyperspectral sensor collects data in a much wider wavelength band, so it includes ranges invisible to the human eye.
While in the recent past only hyperspectral applications of research nature could be encountered, nowadays wider and wider practical uses of aerial hyperspectral imagery appear in the field of botany, agriculture, environmental protection, military, disaster management and other fields requiring detailed environmental data.

The use of direct georeferencing results in fast data access and easy manageability. In this case accurate GPS and INS data belong to each line of the line scanned data, so during post-processing immediately geocoded data are acquired. The technology requires a highly accurate GPS/INS system, a potential failure endangers the success of the whole recording. Besides geographical coordinates the GPS/INS system is capable of recording instantaneous angular displacements due to the modern accelerometers located within the instrument. The GPS records the X,Y coordinates and altitude values while the INS system records the orientation angles, that is, the values of rotation around a vertical axis (yaw): κ, pitch: φ and roll: ω. During the pre-processing of the imagery the geometrical correction can be calculated from the field altitude and the optical parameters of the sensor.

Remote sensing devices applied by Károly Róbert College

Airborne laser scanning and aerial photogrammetry

An integrated Leica ALS-70 HP sensor and Leica RCD 30 digital camera was utilized by Károly Róbert College for airborne collection operations (*Fig. 4.*).



Figure 4 LEICA ALS 70HP and RCD30 are set up in Cessna TU-206E (285 HP) aircraft

ALS70-HP is a compact laser-based system designed for the acquisition of high-density topographic and return signal intensity data from a variety of airborne platforms, at flying heights up to 3500 m AGL. The data is computed using range and return signal intensity measurements recorded in flight along with position and attitude measurements from an airborne GNSS/inertial subsystem.

The system consists of the following physical assemblies:

- LS70-LP Scanner Assembly
- System Electronics (LC60 Laser Controller + SC70 System Controller)
- OC52 Operator Interface
- OC50 Pilot Interface
- Vibration-isolated interface plate assemblies for both scanner and electronics

– GNSS + GLONASS antenna

The technical parameters of the ALS 70 system are the following:

Maximum Flying Height (m AGL)	3500	
Maximum Measurement Rate (kHz)	500	
Field of view (degrees)	0–75 (full angle, user adjustable)	
Roll stabilization (automatic adaptive, degrees)	75–active FOV	
Scan patterns (user selectable) Maximum Scan Rate (Hz)	single	200
	triangle	158
	raster	120
Numbers of returns	unlimited	
Number of intensity measurements	3 (first, second, third)	
Accuracy	see graph	
Storage media	removable 500 GB SSD	
Storage capacity (hours @ max measurement rate)	6	

Table 1 Summary specifications for ALS70

Hyperspectral imaging

An Aisa DUAL VNIR and SWIR Hyperspectral Imaging Sensor (400 – 2450 nm spectral range) was utilized by Karoly Robert College for airborne collection operations (*Fig. 5.*). The FOV (Field of View) was 37.2 degrees. In order to reach the best performance of geometric and radiometric correction, binning 8 was applied for data acquisition that produced 126 spectral bands Spatial resolution is 0.5m and spectral resolution of around 10nm (VNIR) and 6nm SWIR.



Figure 5 Aisa DUAL hyperspectral imaging system is set up in Piper Aztec aircraft

The AISA Eagle camera developed by Specim whose development centre is in Finland is capable of imaging in the visible and near infra region (VNIR) while AISA Hawk is capable of imaging in the short-wavelength infrared region (SWIR). The integration of the two sensors is called AISA Dual System, this way the complete bandwidth is from 400 to 2450 nm, which can be programmed in bandwidths of 1.25 to 10 nm and a maximum of 498 bands.

	VNIR (EAGLE)				SWIR (HAWK)
Sensor properties					
Spectral band	400-970 nm				970-2450 nm
Spectral resolution	2.9 nm				8.5 nm
Spectral sampling settings	none	2x	4×	8×	none
Spectral sampling	1.25 nm	2.5 nm	5 nm	10 nm	6 nm
Optical settings					
Number of pixels (spatial sampling)	320		1024		320
FOV	24 degrees		37.7 degrees		24 degrees
IFOV	0.075 degrees		0.075 degrees		0.075 degrees
Bandwidth	0.65×altitude		0.65× altitude		0.39× altitude
Electronic properties					
Radiometric property	12 bit (CCD)				14 bit (MCT)
SNR	350:1				800:1
Image recording rate	100 images/s (in the case of EAGLE II 150 images/s)				

Multisensor airborne acquisition of Sajó valley

Airborne laser scanning (LIDAR) and orthophoto production

The Sajo valley airborne laser scanning has been made on 120 km^2 area in Hungary (17 June 2013), on 190 km^2 area in Slovakia (17-18. June 2013) (*Fig.6.*) The LIDAR measurement simultaneously was measured with the digital camera survey in 15 cm geometric resolution in RGB and NIR colour composition. The average point density of the LIDAR survey was 5 point/m^2. The result of the airborne laser scanning was an accurate DTM and DSM based on LIDAR cloud point.

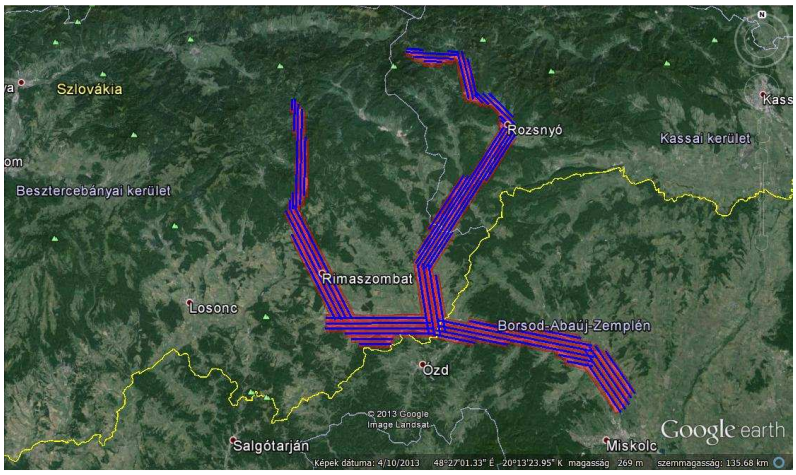


Figure 6 Flight lines in the Sajó valley

Airborne hyperspectral imagery

The hyperspectral images (Fig. 7) were made in the visible and near-infrared range (VNIR). The recording was made in 1,5 m sampling in the full bandwidth (400-1000 nm), therefore each pixel contains 128 spectral channels. The navigation data fixation was made by an OxTS RT 3003 types high-precision GPS/INS system.

The recordings were made on 20 August 2012 with the following flight parameters:

- flight altitudes (AGL): 1500 m
- flight speed: 60 m/s
- size of flew areas:
  in Hungary: 190 km^2
  in Slovakia: 122 km^2
- bandwidth: 400-1000 nm
- bands overlap: 30%
- field resolution: 1.5 m

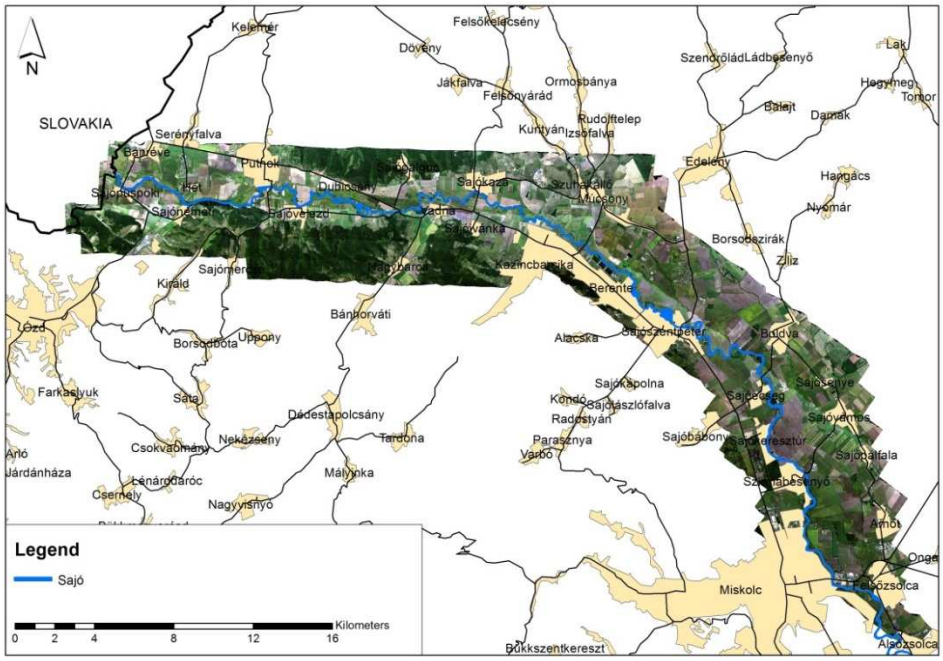


Figure 7 Hyperspectral imagery in Hungarian AOI

During the flight campaign 15 hyperspectral bands were recorded, which we preprocessed (radiometric and geometric correction). The field data collection and the DGPS and field spectral measurements have been made in two weeks after the flight.

Results

In addition to the protection of the natural values, the protection of the constructed environment, properties and not the least human lives is a priority objective in cross-border flood protection activities. Within the framework of this high-level cooperation, activities deemed to be specific objectives include:

-Aerial hyperspectral and laser scanner assessment of River Sajó and the flood plain
-Assessment of the bed section by conventional means of geodesy
-Preparation of a Digital Terrain Model
-Preparation of a Digital Surface Model
-Preparation of a vegetation map
-Simulation-based modeling of flooding

In case of the mapping of the areas, showing high spatial heterogeneity, the information from hyperspectral recordings efficiently joint with the high precision geometric information springing from LIDAR and digital airborne images. The spatial parameters of the woody vegetation (tree hights, canopy closure surface, estimated bole diameter) will be defined by ALS data and the determination of the tree species based on a vegetation map derived from hyperspectral classification methods. According to the hyperspectral images and field control measurements a hierarchical classification will be performed. For the classification process different layers will be derived from LIDAR data

(DSM, nDSM, DTM, SigmaZ, echowidth, etc.), which contributed greatly to the rising of the precision of the classification. Several ground control measurements will be established to control the calculation. The fusion of optical and laser altimeter data is expected to create a reliable database for the vegetation wich can be a useful infromation in several field of use.

Acknowledgment

The study was completed within a framework called “Assessment of flood protection potentials in the Sajó Valley by means of remote sensing HUSK 1001/2.1.2/0026”.

Bibliography

[1.] Burai P., Lövei G., Lénárt Cs., Nagy I., Enyedi P. (2010): Mapping aquatic vegetation of the Rakamaz-Tiszanagyfalui Nagy-Morotva using hyperspectral imagery. Acta Geographica Debrecina, Landscape & Environment Series, Volume 4, I: pp. 1-10. HU ISSN 1789-7556.

[2.] Belokon, W.F., Emmons, M.A., Fowler, W.H., Gilson, B.A., Hernandez, G., Johnson, A.J., Keister, M.D., McMillan, J.W., Noderer, M.A., Tullos, E.J. and White, K.E., *Multispectral Imagery Reference Guide*. Logicon Geodynamics, Inc. Fairfax, Virginia (1997).

[3.] *HiTec final report.* Pacific Advanced Technology (www.patinc.com, undated).

[4.] Aikio, M., *Hyperspectral prism-grating-prism imaging spectrograph.* VTT Publications (2001).

[5.] Hodgkin, V.A., *Survey of Commercial Technologies, Deployed Systems, and Manufacturers of Infrared Hyperspectral (HSI), Multispectral (MSI), and Multiband (MBI) Imaging Systems.* U.S. Army RDECOM CERDEC NVESD Ft. Belvoir, VA 22060-5806. (2004).

[6.] Mouroulis, P., Thomas, D.A., Chrien, T.G., Duval, V., Green, R.O., Simmonds, J.J. and Vaughan, A.H., *Trade Studies in Multi/Hyperspectral Imaging Systems, Final Report.* Jet Propulsion Laboratory (1998).

[7.] Internet_1 - http://honlap.karolyrobert.hu/hu/node/340 2013. szeptember 22.

[8.] Internet_2 - http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/What_is_lidar/015w000000410000 00/ 21.10.2013

[9.] Internet_3 - www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA473675 21.10.2013

Numerical flood conveyance analysis in the Sajó river valley

Krámer, T.
Budapest University of Technology and Economics, Hungary
kramer@vit.bme.hu

Abstract
This paper presents a flood management case study. The Sajó river near Dubicsány, Hungary, is constricted by flood protection levees over both banks which threatens the surrounding properties by flooding. We use a standard 2D hydrodynamic model to demonstrate that by removing the levees, or more precisely, by shifting them to existing embankments further away from the river, the flood levels can be lowered effectively, by 1 m or more. This benefit is constrained to the reach where the widening would take place as the impact quickly drops with distance upstream and is not felt at all downstream.

Keywords: flood simulation, mesh, digital elevation models, levees

Introduction

As the Sajó (Slaná in Slovakian) river enters into Hungary, its floodplain widens and it changes from a smooth, prismatic channel to a more varied, meandering river. This reach experienced two record flood waves in the very rainy year of 2010 (Ujváry 2010). In mid-May, the first flood wave passed without major flood protection incidents. It was immediately surpassed by the largest ever recorded flood wave in the first week of June. The rainfall was heavy and extensive, so that the tributaries also flooded simultaneously and even rainfall runoff ponded in some areas behind the levees that could not drain into the river. The highest damage occurred in the city of Felsőzsolca near Miskolc, where the flow on the open floodplain flooded residential and commercial areas and 1500 people had to be evacuated. The upper Hungarian reach of the Sajó has a steeper longitudinal slope and presented fewer conveyance problems than the lower one, nevertheless large swathes of mainly agricultural areas were under water.

Increasing the height of the levees even further is a logical response in order to reduce flood risk. However, alternatives must also be investigated, such as increasing flood conveyance capacity or constructing flood retention reservoirs. These alternatives may mitigate flood risk more economically over a longer time span. Indeed, higher levees reduce the chance of overtopping, but are at the same time exposed to a higher chance of hydraulic failure and the consequences of such a failure are also graver that those at lower flood levels.

Improved flood conveyance, on the other hand, results in lower water levels in the floodplain. Achieving this is possible either by increasing the cross sectional area, steepening the energy grade line, decreasing the roughness or a combination of these. The necessary measures include shifting the levees, widening bridge openings, managing the floodplain vegetation and cutting meanders.

A reach that would clearly benefit from increased conveyance capacity is the narrow section near the small towns of Sajóvelezd and Dubicsány (20.4956 E, 48.2821 N). The active floodplain is constricted here to 250-350 m by the levees over a length of 6 km. The levees can be seen in Figure 1 as long, high structures composed of straight segments appearing with a lighter colour. The areas behind these levees are not particularly valuable arable lands, so it may make sense to add them to the floodway by relocating the levees further away from the river. This is not only a technical but also an economical problem. Does the decrease in flood risk exceed the loss due to floods plus additional costs associated with the widening? To answer this question it is necessary to understand the causes of existing bottlenecks and analyse the impact of the planned measures on flood levels. In this study we

demonstrate the application of 2D hydrodynamic modelling to evaluate the effectiveness of widening the floodway in three progressive steps.

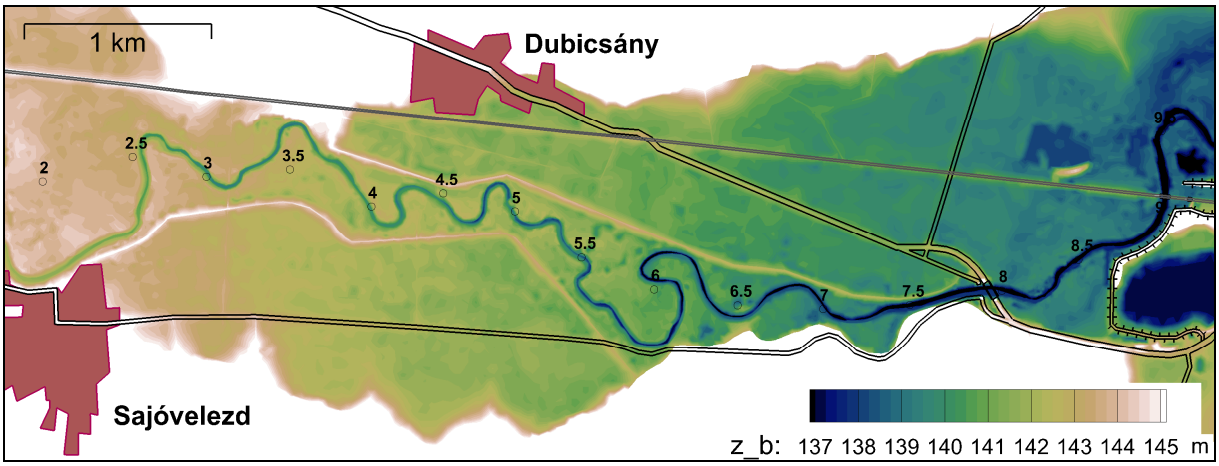


Figure 1 Topography of the reach of the Sajó (Slaná) river near Dubicsány, Hungary, in the resolution of the flow solver mesh. The displayed local river stationing is used in this study to display longitudinal profiles.

2D flood modelling

The goal of this study is to analyse with a 2D hydrodynamic model the conveyance of extreme floods under existing topographic conditions and to predict the changes when the levee on the left, on the right or on both banks is removed.

Flood waves propagate quite dynamically on this reach and the attenuation of the flood wave is high enough to justify an unsteady analysis. We chose the hydrograph of June 2010 as the basis of the evaluation, with a peak flow of about 540 m^3s^{-1}. The peak value and the shape of the flow hydrograph is uncertain because the flow was measured with no more than one direct measurement a day, and the transect that includes the flow of the tributaries closest to this reach was as far as 20 km downstream, at Sajószentpéter. This was an extreme flood with a return period exceeding 100 years. (One source puts it return period of the June flood to 200 years, see Rácz, 2010).

The reach directly affected by the floodplain widening is between rkm (river km) stations 110 to 101. However, the 2D model is extended upstream and downstream to hydraulically well-defined bridge cross sections, so that the domain covers the whole river floodplain between the twin road-railway bridge at Putnok (rkm 113) and the road bridge at Kazincbarcika (rkm 86), i.e. 27 km of the Sajó are modelled.

We used the model SRH-2D to solve the equations governing mostly horizontal free surface flow, the so-called shallow water equations. This model obtains the solution of the governing equations on a mixed triangular-quadrilateral mesh using an implicit finite volume method, and our river flood analysis is a typical, intended application of the model. Details are found in the reference manual (Lai, 2012).

Experience shows that the conveyance of such a river is highly sensitive to the topography and to the discharge. From the topography, the most important features to model accurately are the riverbed, the levees and the bridge openings, whereas a slight inaccuracy in the floodplain elevations may not impact the overall hydrodynamics that much, unless there is a significant upward or downward bias over large areas. The current study could rely on the very recent LIDAR survey of the whole modelled reach within the joint Hungarian-Slovakian HUSK project (HUSK 2013). This survey provided data of the terrain with high resolution, so that embankments and levees could be represented accurately. In contrast, traditional land-based surveys may miss embankments that have an important impact on the

flood just because floodplain inventories do not mention those embankments. In fact, the goal of this bilateral project was to build a geoinformatics inventory of the Rimava, Slaná and the upper Hungarian reach of the Sajó, and to demonstrate the usefulness of the resulting digital elevation model in a hydrodynamic analysis. Still within the HUSK project the riverbed was surveyed using echosounding at a series of cross sections with a variable interval adjusted e.g. to bridges. Due to the difference in the surveying technology, the bathymetry is less accurate than the terrain model. However, as we will see later, the river takes a lower share in the total conveyance than the floodplain, so errors in the bed data influence the conclusions only weakly.

A computational mesh was laid horizontally on the domain. This mesh was set up with more or less regular triangular elements on the floodplain and with elongated rectangular elements along the riverbed and embankments (Figure 2). The size of the elements was about 15 m near the river and 30 m away from it. The transverse resolution of the elongated quadrilateral cells was 3 m, which we considered fine enough for accuracy and still not too costly. We see that the fine resolution of the LIDAR survey is not transferred to the hydrodynamic modelling because it would have been too much work for even a supercomputer. The elevation of the cells was obtained by spatial averaging, thus storage volumes are perfectly resolved. Along the embankments the maximum elevation was transferred from the LIDAR, instead of the average.

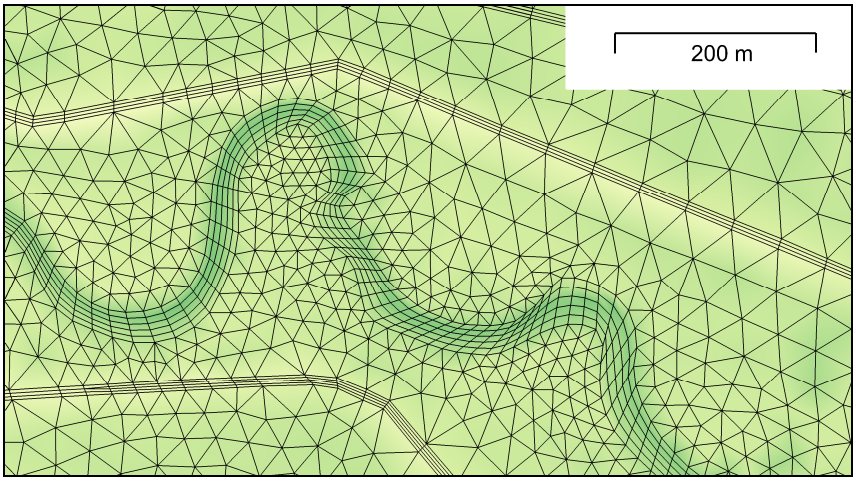


Figure 2 Detail of the horizontal layout of the computational mesh.

Flood conveyance in the existing conditions

The model was calibrated with the June 2010 flood (Q_{max} = 540 ms^{-1}), then the outcome of the calibration was validated with the data of the somewhat lower preceding flood wave of May 2010 (Q_{max} = 430 ms^{-1}). The flood hydrograph reconstructed from flow measurements at Sajószentpéter (rkm 76.5) was imposed at the inflow boundary and an estimated discharge rating curve provided the instantaneous outflow water levels through the Kazincbarcika road bridge based on the computed outflow discharge. The simulation started from a steady state solution well before the flood arrived, and stopped days after the hydrograph reached its peak.

The maximum water levels and flood extent could be compared with measurements. The model reproduced the maxima with less than 10 cm deviation on the investigated reach (Figure 3). To achieve this, we set the Manning roughness of the river to 0.033 $sm^{-1/3}$ and that of the floodplain to 0.060 $sm^{-1/3}$, both typical values. This fit to the measurements is as good as we could expect from the current model. Since the bathymetry of the river and the discharge are not known more accurately, we did not distinguish between land use classes on the floodplain and we did not tune the roughnesses any further. Furthermore, the model proved to be much more sensitive to the roughness of the floodplain than to that of the river, which already indicates that the floodplain takes the higher share of the conveyance. Let's recall that we calibrate the model to use it for predictions with a widened floodway. Thus, we have another argument for not distinguishing the roughness of the reach with more detail:

the conclusions on the planned measures are known to be sensitive to the roughness of newly incorporated terrain, but we cannot calibrate that roughness since the river did not flow through those areas during the recent documented floods.

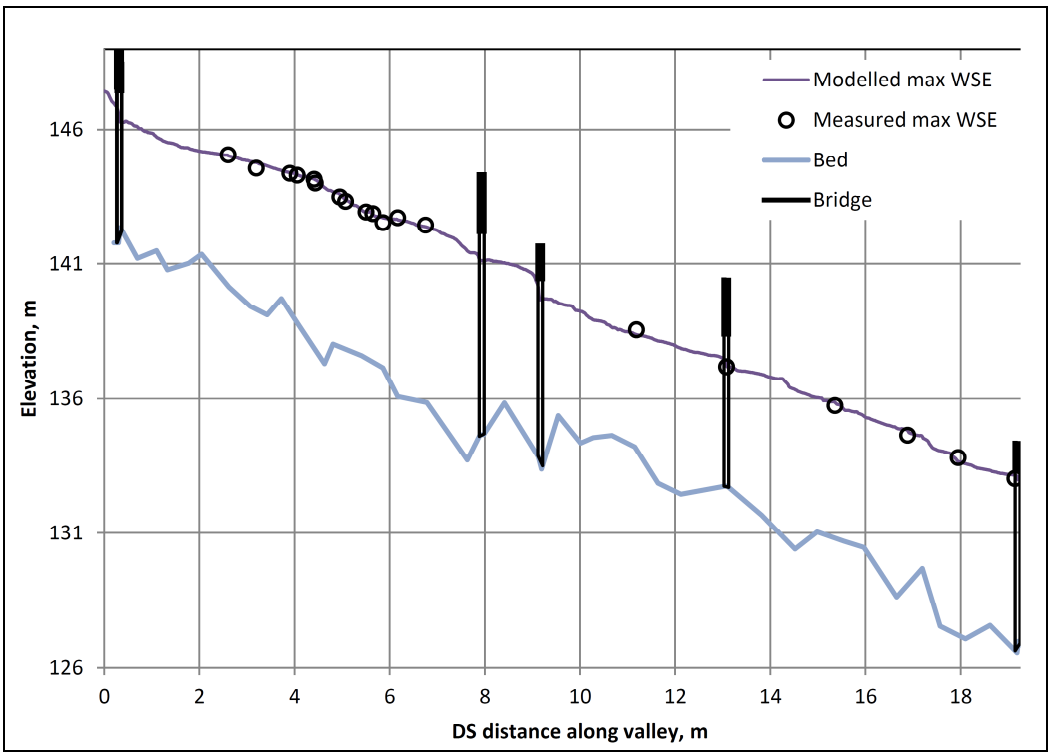


Figure 3 Longitudinal profile of the measured (dots) and modelled (solid line) peak water surface elevations along the valley centerline. For the stationing, see Figure 1.

The hydrodynamic model results in a time varying water surface and velocity field. Initially, at lower stages, the flow follows the meandering river bed. Then, the river floods the floodplain up to 2 m depth and the flow aligns itself with the centreline of the valley, cutting through the meanders (Figure 4). These observations confirm our choice of modelling. The flood peak and especially the transition would have been hard to model with a 1D model, and we indeed needed a rather high-resolution 2D model to resolve the scale of the river width and the topography of the floodplain. Also, the longitudinal profiles (Figure 3 and 10) in this study are taken along the valley rather than along the river to reflect the actual slopes of the free surface.

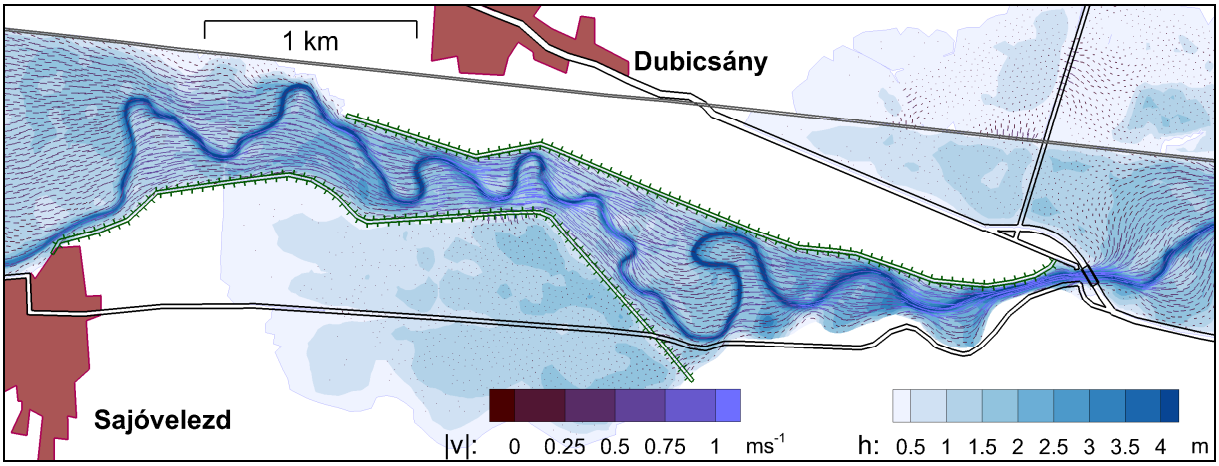


Figure 4 Detail of the flow field at the time of the flood peak.

As it happens, the water surface approached the levee crests, and even exceeded them at some points, so whether or not the flood overtopped a particular levee section was very sensitive to the model parameters. At the time of the peak an aerial photograph survey documented the extent of the flood. The model did a fair job in estimating the flood boundaries (Figure 5). There are significant differences, however, in spite of the sub-decimeter accuracy of the modelled water surface elevations. The strip of land between the railway and the levee is dry in the model but it was flooded in June 2010. The turbidity of the water indicates that water intruded it from the north (i.e., from the right side of the photo), through the railway embankment. We are inclined to exclude overtopping based on the water levels; the intrusion has probably occurred via a bridge under the railway that was not represented in the model. A few ponds with clearer water also appear on the aerial photo. These were flooded through runoff from the surrounding slopes or seeped from the rising river through the ground. We cannot expect this model to reproduce these phenomena.

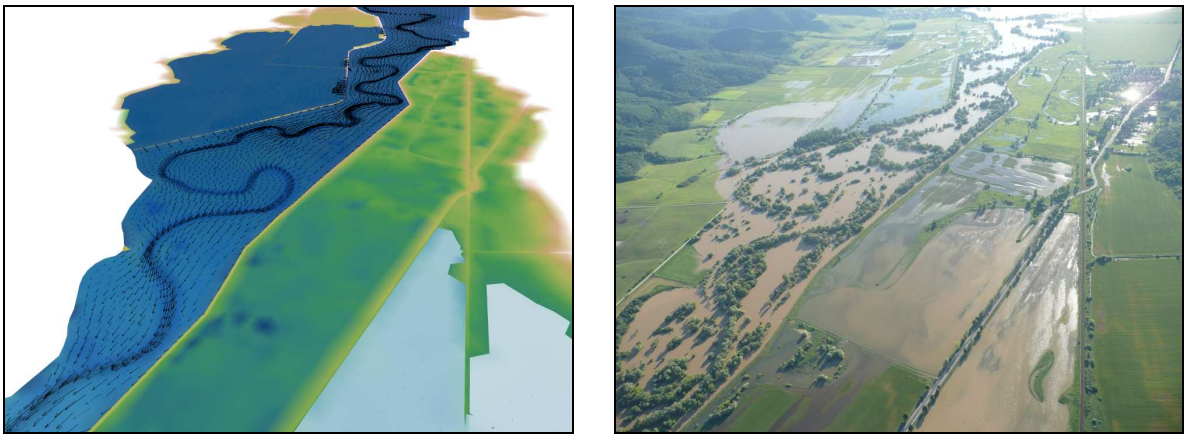


Figure 5 Left: Computed flood extent and velocity field at the time of the peak. Right: Aerial photography from roughly the same viewpoint to the west towards the town of Dubicsány, around the time of the peak (source: ÉMVIZIG).

On the plot of the specific flow rate (Figure 6) we get further confirmation that the floodplain carries significant part of the flow. The zones shown in light yellow tones participate only in the storage but not in the conveyance. A peculiarity of the floodplain topography here is that a highway (No 26) crosses the floodplain and its northern, downstream side is flooded with backwater. The other "storage" zone to the east of Sajóvelezd was created by the river spilling over the levee on the right bank. These calm zones are delimited by embankments but also by mildly sloped topography. The accuracy of the digital terrain model is strongly reflected in the estimation of these boundaries.

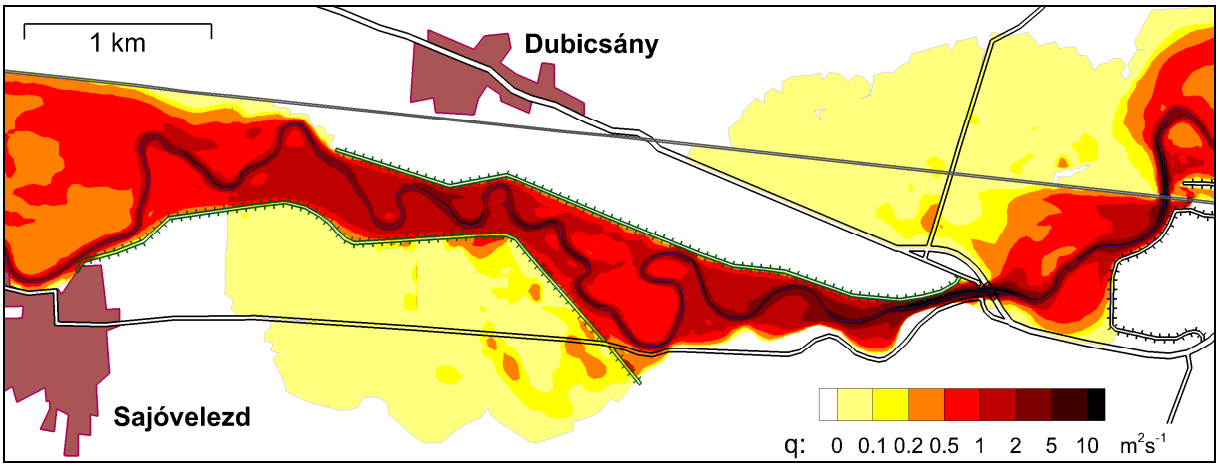


Figure 6 Spatial distribution of the specific flow rate (i.e. unit-width discharge) modelled for the 2010 flood.

Evaluation of floodway widening scenarios

The analysis of the present flow conveyance has highlighted that the floodplain carries much of the flood and its narrowing in the vicinity of Sajóvelezd and Dubicsány creates a bottleneck. The flood of June 2010 has approached the levee crest so closely that a little difference in the circumstances would have made a big difference in the flooding behind the levees. This is a sign that the freeboard has been critically reduced in this reach.

As mentioned in the Introduction, this motivates exploring the feasibility of increasing the conveyance capacity of the river by widening the floodway (a morphologically more sustainable choice than clearing the floodway vegetation or cutting through meanders). No specific plans exist about this at the competent water directorate (ÉMVIZIG), so we were free to draft three elementary alternatives together with the colleagues from the directorate:

- remove the left levee near Dubicsány (Figure 7),
- remove the right levee near Sajóvelezd (Figure 8),
- remove both levees (Figure 9).

The implementation is intentionally sketchy as to how the flood defence line would fall back to the road embankments behind the removed levees. We were interested in the effectiveness of these measures, as a first step towards optimising the flood risk management strategy and developing detailed plans. The figures referred above show the plot of the specific discharge with the same quasi-logarithmic scale as in Figure 6.

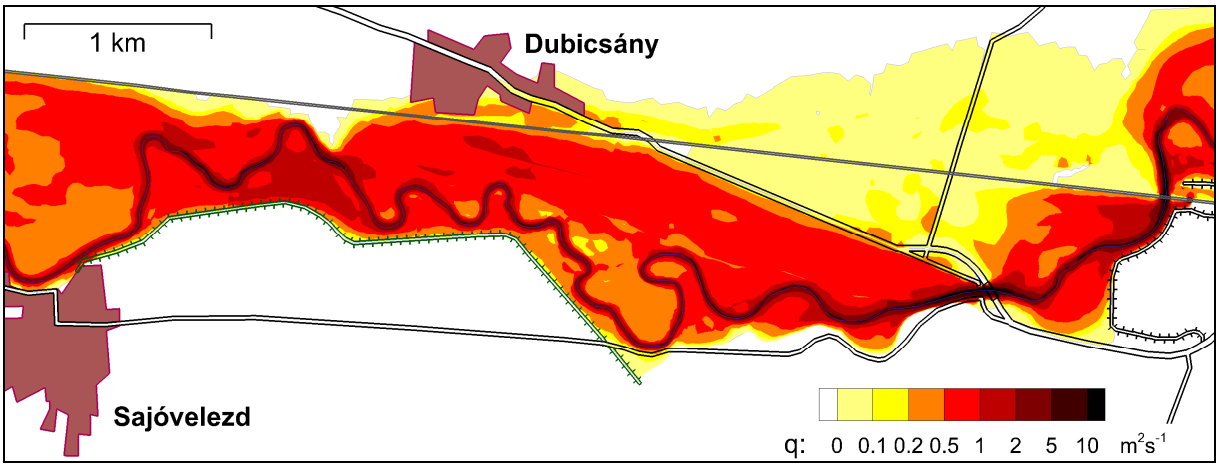


Figure 7 Specific flow rates after removing the levee on the *left bank*, near Dubicsány.

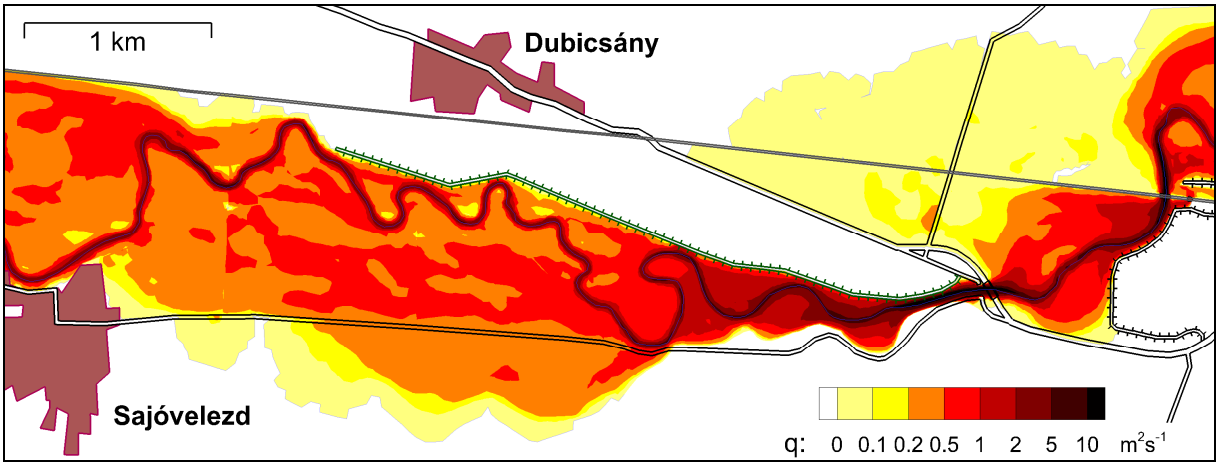


Figure 8 Specific flow rates after removing the levee on the *right bank*, downstream of Sajóvelezd.

Removing the levee on the right bank (Figure 7) creates an unconstrained floodway suitably oriented along the principal flow direction. Dubicsány would be flooded if the railway (shown with a straight dark grey line across the map) and the highway were not raised, so the measures should also include adding height to these embankments at a later planning stage.

Similarly, removing the right levee makes the road to Sajóvelezd impassable during the highest stages of the flood (Figure 8). A realistic alternative should add the function of a levee to this road: raise its embankment and make it resistant to hydraulic loads.

By removing both levees, the floodway becomes much wider than at present (Figure 9). As a consequence, the flood peaks at a significantly lower level (see the next paragraph) and the railway bordering Dubicsány is already high enough at present to withhold the flood. We also witness the typical natural levees along the river (yellow zones south of Dubicsány) that originate from the deposition of sediments from the flooding turbid river. Also, after the floodplain was constrained to its current width, deposition could only occur between the levees. These explain why the overbank flow is greater beyond the existing floodplain than immediately next to the river – a somewhat unexpected result.

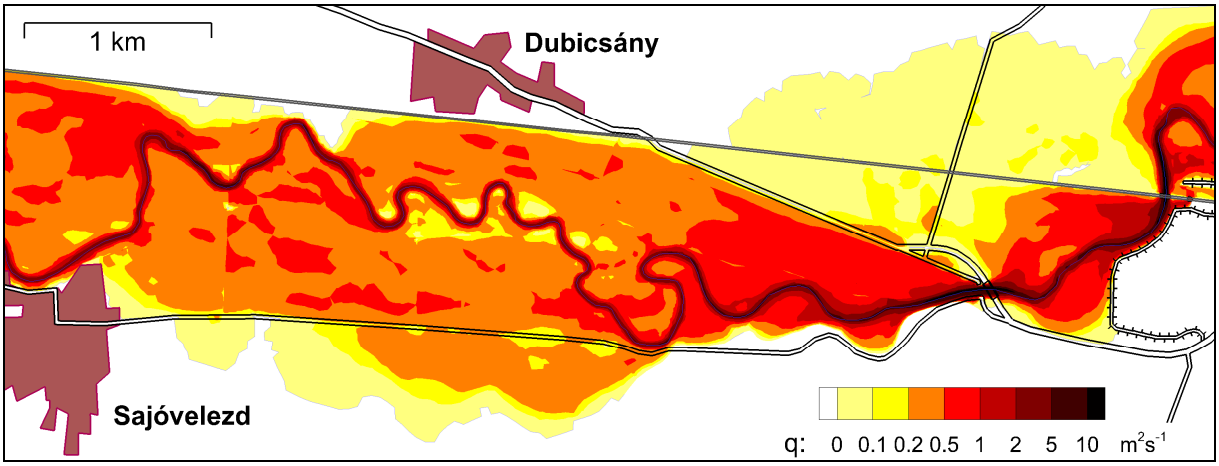


Figure 9 Specific flow rates after removing the levee on both the *left and the right banks* in the studied reach.

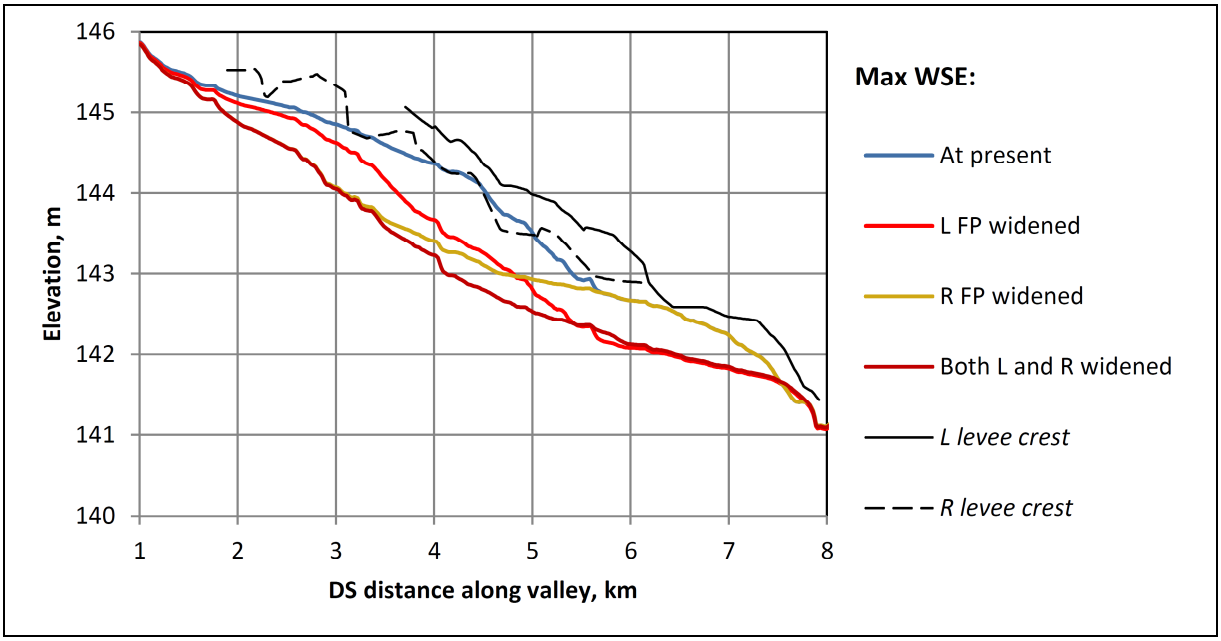


Figure 10 Longitudinal profiles of the maximum water surface elevation due to the 2010 flood hydrograph, at the present conditions and with progressive removal of the levees between Sajóvelezd and Dubicsány.

To summarise the effectiveness of the floodway widening, let us look at the longitudinal profiles of the peak water surface elevations (Figure 10). (The plot also shows the profile of the levees projected onto the valley centreline. The projection was somewhat arbitrary: we followed the contours of the computed water surface rather than a straight line.) At present, the right levee would be overtopped if the 2010 June flood happened again. If any one of the levees is removed, then the peak water level drops by about 0,6 m as a result, and the drop exceeds 1 m if both levees are removed. The effect of the widening is basically not felt downstream of the removed levee. Upstream, due to the relatively steep slope of the Sajó, the drawdown attenuates fast so that not only the impacts to land use but also the benefits are local to the towns of Sajóvelezd and Dubicsány. Overall, the reduction of the flood risk is expected to be important to make this alternative worth to be explored further.

Conclusions

This modelling study yielded a better insight into the flood conveyance bottleneck in this reach of the Sajó river. Results of three sketchy levee removal alternatives demonstrate that there is enough potential in the widening of the floodway to include it as one of the structural flood risk management measures in the valley.

The 2D hydrodynamic simulations make the most of recently produced high-resolution digital elevation models, all within a joint Hungary-Slovakia Cross-border Co-operation project (HUSK 1001/2.1.2/0026, „Survey of the flood risk in the Sajó valley using remote sensing“), funded by the European Union and the European Regional Development Fund.

Bibliography

HUSK (2013): Project webpage at honlap.karolyrobert.hu/hu/node/340

Lai, Y. G. (2012): SRH-2D Version 2.20: Theory and User's Manual. Denver,CO: Technical Service Center, Bureau of Reclamation.

Rácz, M. (2010): Az árvízi védekezés lokalizációs feladatai. http://www.nordlog.hu/attachments/-075_NordLog_20101020_ekovizig.pdf

Ujváry K. (2010): A "Zsófia" és "Angéla" ciklon csapadék-szinoptikai közelítése és előrejelezhetősége. Országos Meteorológiai Szolgálat, www.met.hu/pages/Zsofia-Angela_ciklon_20100515-0604.php

Historic flood of 1813:
Uncertainty in the flood frequency analysis

Pekárová, P., Ústav hydrológie SAV, Bratislava, pekarova@uh.savba.sk
Miklánek, P., Ústav hydrológie SAV, Bratislava, miklanek@uh.savba.sk
Halmová, D., Ústav hydrológie SAV, Bratislava, halmova@uh.savba.sk

Abstract
In August 2013, 200 years have passed since the greatest and most destructive floods known in the Slovak river basins. The flood affected almost the entire territory of Slovakia, northeastern Moravia, south of Poland. River basins of Váh (Orava, Kysuca), Poprad, Nitra, Hron, Torysa, Hornád, upper and middle Vistula, Odra have been most affected, but streams in the Little Carpathians – e.g. Gidra River, were also affected.
In this study we deal with estimating the parameters of theoretical distribution functions of maximum annual discharges in the case of historic flood flows inclusion into the time series of measured maximum annual discharges. When estimating the theoretical functions we used measured time series of three gauging stations: Váh River in Liptovský Mikuláš, Poprad River in Chmeľnica and Hron River in Banská Bystrica. Time series of *Qmax* of these stations can be considered stationary, homogeneous; flood waves are not transformed by constructed water reservoirs.

KEY WORDS: historic flood, extreme flood peak, N-year maximum flows

Abstrakt
V auguste roku 2013 uplynulo 200 rokov od najväčšej a najničivejšej známej povodne na slovenských tokoch. Táto povodeň zasiahla takmer celé územie Slovenska, severovýchodnú Moravu, juh Poľska. Najviac boli zasiahnuté povodia riek Váh (Orava, Kysuca), Poprad, Nitra, Hron, Torysa, Hornád, povodie hornej a strednej Visly, povodie Odry ale zasiahnuté boli i toky v Malých Karpatoch – napr. riečka Gidra.
V predloženom príspevku sa zaoberáme odhadom parametrov teoretických distribučných funkcií maximálnych ročných prietokov so zahrnutím historických povodňových prietokov do radov meraných maximálnych ročných prietokov. Pri odhade teoretických funkcií sme použili merané rady z troch staníc: z Váhu v Liptovskom Mikuláši, z Popradu v Chmeľnici a z Hronu v Banskej Bystrici. Rady *Qmax* z týchto staníc môžeme považovať za stacionárne, homogénne, povodňové vlny nie sú transformované vybudovanými nádržami.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: historická povodeň, kulminačný prietok, N-ročnosť maximálnych prietokov

Introduction

Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks entered into force on 26 November 2007. This Directive now requires Member States to assess if all water courses and coast lines are at risk from flooding, to map the flood extent and assets and humans at risk in these areas and to take adequate and coordinated measures to reduce this flood risk. With this Directive also reinforces the rights of the public to access this information and to have a say in the planning process.
The aim of the Directive is to reduce and manage the risks that floods pose to human health, the environment, cultural heritage and economic activity. The Directive requires Member States to first carry out a preliminary assessment by 2011 to identify the river basins and associated coastal areas at risk of flooding. For such zones they would then need to draw up flood risk maps by 2013 and establish flood risk management plans focused on prevention, protection and preparedness by 2015.

The Directive applies to inland waters as well as all coastal waters across the whole territory of the EU.
The Directive shall be carried out in coordination with the Water Framework Directive, notably by flood risk management plans and river basin management plans being coordinated, and through coordination of the public participation procedures in the preparation of these plans. All assessments, maps and plans prepared shall be made available to the public.
Member States shall furthermore coordinate their flood risk management practices in shared river basins, including with third counties, and shall in solidarity not undertake measures that would increase the flood risk in neighboring countries. Member States shall in take into consideration long term developments, including climate change, as well as sustainable land use practices in the flood risk management cycle addressed in this Directive.
The Directive was transposed to legal system of the Slovak republic by Act 7/2010 Z. z. on flood protection. The Act placed a duty to develop and regularly update the flood hazard and flood risk maps for the return periods between 1000- and 5-years.

The process of the Directive 2007/60/EC implementation is managed in three steps. In the second step, there is declared, that
2. For all areas that were preliminary identified as areas with existing flood risk it is obligatory to develop
a) ***maps of the flood hazard****, depicting the areas possibly flooded by floods of different probability of occurrence, from extreme floods with very low probability (the Act appoints the 1000-year flood with the discharge Qmax.1000) to floods which can occur once per 5 years in mean,*
b) ***maps of flood risk*** *containing information on potential damage caused by floods at the same areas as in 2.a.*
The flood hazard and flood risk maps should be finalised by 22 December 2013, and the re-assessed and updated by 22 December 2019, and each 6 years.

The Slovak sectoral technical standard MŽP (2003) defines the methods for assessment of N-year maximum discharge at gauging stations. The assessment is based on series of maximum annual peak flows (one peak per each water year). Usually they are calculated for N = 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 years using three types of theoretical distributions:

- Gamma distribution
- Log normal distribution
- Log Pearson distribution III. type,

but application of other distributions is not excluded.
In ungauged basins with area over 20 km^2, the most extended and most frequently used in practice is the method based on exact regional relations between specific yield $q_{max.100}$ and basin area. The specific yield $q_{max.100}$ is then recalculated to $Q_{max.100}$.

Methods for assessment of the 200-, 500-, up to 1000-year flows are not defined and they are in responsibility of the authors of assessments.
There are several methods which can be used to assess the 1000-year flood (Kohnová et al., 2006, 2013; Pekár et al., 2012; Gaál et al., 2010a,b; Merz and Blöschl, 2008a,b). In any case, we must be aware of the fact that assessment of the 1000-year flood includes a great uncertainty. The measured data series of 80 years we can use for estimation of 120-year flows as maximum. The estimation of 200-year up to 1000-year flows requires personal skills and ideas of the author.
The objective of this study is to check up the assessment of historically adjusted (having included the historic floods) design values of N-year maximum flows in selected stations, and to determine what uncertainties are associated with *Qmax.200 – Qmax.1000* discharge determination.

Data

The study was done for three rivers Váh at L. Mikuláš, Hron at B. Bystrica and Poprad at Chmeľnica (Fig. 1). The data used were the measured maximal annual discharge from the database of SHMI,

completed by historic floods described in the first two parts of the study. The basic statistical characteristics of the series are given in Table 1.



Fig. 1. Location of the selected gauging stations.

Table 1. Basic statistical characteristics of the *Qmax* time series

		A	Qmax	qmax	min	max	cs	cv	median	trend
		km^2	m^3/s	l/s/km^2	m^3/s	m^3/s			m^3/s	
Váh: L. Mikuláš	1921–2010	1107	157	142.0	42	540	1.75	0.54	132	-0.69
Hron: B. Bystrica	1931–2010	1766	174	98.2	57	560	1.89	0.45	162	-0.54
Poprad: Chmeľnica	1925–2010	1262	205	162.2	48	917	2.17	0.66	172	0.1468

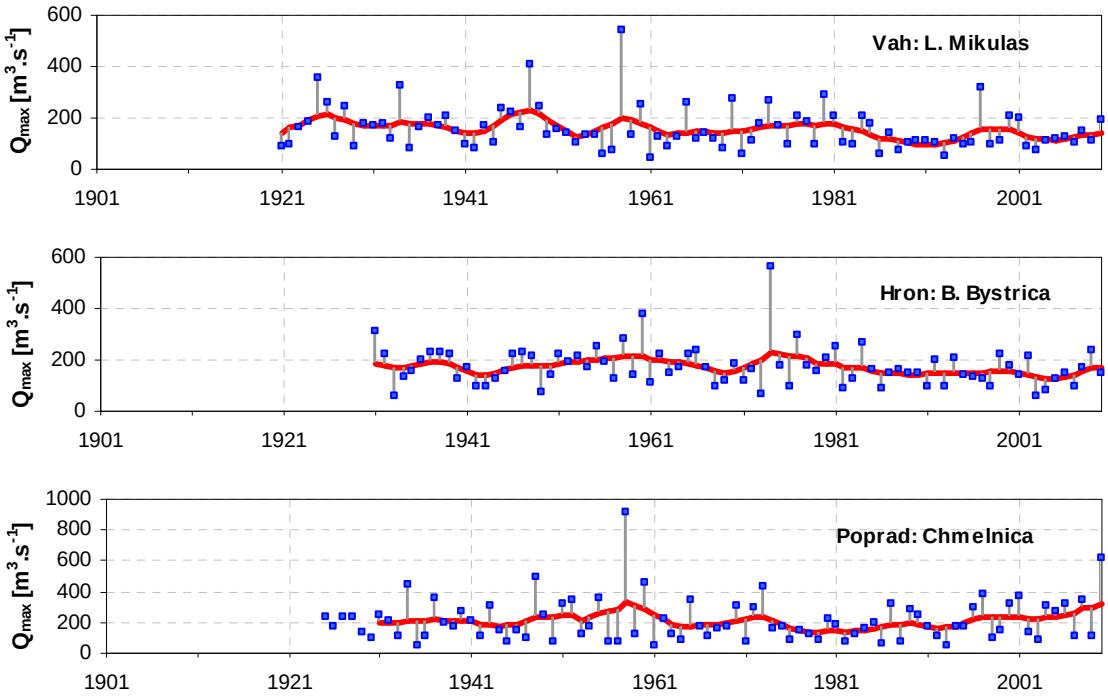


Fig. 2. Time series of maximal annual discharges *Qmax* at three selected gauging stations

Methods

The measured time series of the maximum annual discharge were used for the estimation of the coefficients of the theoretical distribution functions. For the estimation of the distribution function we used the log-Pearson distribution Type III. (Bulletin 17B). The log-Pearson Type III distribution is a three-parameter gamma distribution with a logarithmic transform of the variable. It is widely used for flood analyses because the data quite frequently fit the assumed population. Log-Pearson Type III distribution is given by three parameters:

- mean value,
- standard deviation – variation of measurements,
- coefficient of skew – asymetry of the distribution.

By judicious selection of these three parameters, it is possible to fit just about any shape of distribution.

Among the basic assumptions for application of the frequency analysis of the maximum annual discharge belong the following conditions:

1. Maximum annual discharges must be independent and stochastic;
2. Processes influencing the runoff process are stationary with respect to time (homogeneity of the series);
3. Statistical characteristics of the measured data series (series of maximum annual discharge) represent the past, presence and future, as well.

We added the historic floods to the measured series of *Qmax*, and we recalculated the parameters of the distribution curves for individual stations having included the historic floods.

It is necessary regularly to check the validity of the assumptions in order to have correct statistical results. Significant changes in the river basins (as urbanization or construction of the flood protection structures) may have influence on the maximum flows and can corrupt the frequency analysis application. The prognosis of the maximum flows in the future is based on records from the past and changes in land cover and/or significant peak flows regulation will disturb the assumption of stationarity of hydrological time series. The selected statistical values (mean, variation, skewness) must be selected properly for the whole period of observations in order to obtain proper estimation of flood characteristics. It is necessary to recalculate the distribution functions if any of the conditions 1-3 has changed.

Again, it would be possible to develop special probability scales, so that the log-Pearson Type III distribution would plot as a straight line. However, the log-Pearson Type III distribution can assume a variety of shapes so that a separate probability scale would be required for each different shape. Since this is impractical, log-Pearson Type III distributions are usually plotted on log-normal probability scales even though the plotted frequency distribution may not be a straight line. It is a straight line only when the skew of the logarithms is zero.

The coefficient of skewness calculated from the station data affects the shape of the peak-flow frequency curve. Steep basin and channel slopes, low infiltration rates, fast conveyance through systems, and (or) one or more extremely high peak flows (high outliers) can cause large positive skew values. Conversely, low mean-basin slopes, high infiltration rates, high channel losses, a substantial percentage of a basin controlled by lakes or swamps, and (or) one or more very low peak flows (low outliers) can cause large negative skew values.

Results

Marks of the 1813 flood

In August 2013, 200 years have passed since the greatest and most destructive floods known in the Slovak river basins. The flood affected almost the entire territory of Slovakia, northeastern Moravia, south of Poland. River basins of Váh (Orava, Kysuca), Poprad, Nitra, Hron, Torysa, Hornád, upper and middle Vistula, Odra have been most affected, but streams in the Little Carpathians – e.g. Gidra River, were also affected.

Floods of the Váh River

The great floods on the Váh River occurred in 1557, in 3–5 July 1593, 20 August 1620, 6–7 August 1662, in 1683, 1713 and in August 1725. The most catastrophic flood occurred in August 1813. There exist several descriptions of the 1813 flood (Chmelár, 1984; Bitara, 1998; Miček, 1989; Horváthová, 2003). Next floods occurred in July 1845, and in year 1894 (the second greatest after 1813 flood).

Flood marks and registrations on the 1813 flood in the Váh river basin are characterized by great diversity and are written in Bernolák modification of Slovak, in Latin, German and Hungarian. Their descriptions are stored in municipal chronicles and Slovak and Hungarian state archives. The flood in 1813 devastated the entire Váh valley, as well as its tributaries. The preserved marks of the 1813 flood could be used to estimate culmination flows of other rivers, in order to include them in the calculation of N-year flows.

There are preserved only very few historic flood marks of the 1813 flood on the territory of Slovakia. Here we are indicating some examples of flood marks described in documents, which might be given back.

One of the flood marks which was recalling the water level of the Orava river during the August 1813 flood, was placed at a stony house in Dolná Lehota village (Pekárová et al., 2011). The house still exists. On the oldest house of the village ("The green lime inn" from 1803, Fig. 3), there was an inscription:

ANNO 1813 DŇE 13. AVGUSTA POŤEĽTO BOLA POVODEŇ
(YEAR 1813 DAY 13 AUGUST FLOOD WATER LEVEL).

This inscription is visible at historical photo before the year 1943. The inscription was placed between the left windows, and it might be given back. (Date 13. August 1813 in Julian Calendar ≈ 25. August Gregorian Calendar).



Fig. 3 Indication of the flood water level according the 1813 flood mark placed between the windows of the white stony house in Dolná Lehota (photo: Čajka, 2010).



Fig. 4. Mansion in Brunovce, the entrance gate. The flood mark is concealed underneath the gate around 70-80 cm above the todays ground; the terrain was raised during the reconstruction of the castle. (Photo: Miklánek, 2011)

Another flood mark of the 1813 flood on the Váh River was placed in the niche of the entrance gate of the Brunovce mansion opposite to the doors of the mansion chapel. The inscription was:

Dies irae XXVI AVG MDCCCXIII
(Day of wrath 26 August 1813).

The water level was about 1 m on 26 August 1913 on this place. During the façade renovation the niche was filled. The photo of the mansion and detail of the gate, where the flood mark was placed below the coating, is on Fig. 4.

Floods of the Hron River

The oldest notation of the flood on the Hron River is from the year 1543. Great floods in the Hron basin occurred in: 14.–24. April 1575; 27. April 1661; 30. March 1784; 25. August 1813 (greatest one); 1847; 8. May 1853; 8.–12. May 1899; 1928; 21.–22. April 1931; 26. July 1960; and in 22. October 1974. (Styk, 1994; Kaán, 1901; Munkáči and Rigo, 1998; Horváthová, 2003; Graus, 2004; Burkovská, 2008). The 1974 flood hit the whole basin on 21–31 October and can be considered as catastrophic

On the basis of literary documents and our actual measurement, we summarize the peak flow rates achieved during the floods in 1813 in the profile Hron: Banská Bystrica. Originally, the 1813 flood mark in Banská Bystrica was located some 200 m upstream (Fig. 5, point 1a). Later it was moved to point 1 (Fig. 5), presumably to the same height. According to recent situation the 1813 flood peak was approximately by 1.22 m higher, than in 1974 (Fig. 5, point 2). The peak flow rate was 560 $m^3.s^{-1}$ in 1974 in Banská Bystrica. We estimate, that the peak flow rate could be about 800 $m^3.s^{-1}$ in 1813 (750–850 $m^3.s^{-1}$, channel width was about 75 meters between the mountain slope and the city wall).

According to Zipser (Horváthová, 2003) the flood peak level in 1813 was higher by 11 couls (11 couls is about 29 cm), than in 1784, it means by 93 cm higher than in 1974 (Fig. 6a-b). The flood on 27 April 1661 was by 13 couls lower than in 1813, i.e. by 88 cm higher than 1974 flood according to Zipser (Horváthová, 2003). The 1899 flood (Fig. 7a-b) was greater than flood in 1974.



Fig. 5. Historic flood marks location in Banská Bystrica. Details of flood marks of 1813 and 1974. (Photo: Pekárová, August 2013; Halmová, October 2013). 1 – current location of the flood mark of 1813. 1a – the original location of the flood mark of 1813. 2 – flood mark of 1974 - on the column at the bridge to railway station. 3 – Národná ulica – mark of 1853 flood does not currently exist.

a)



b)

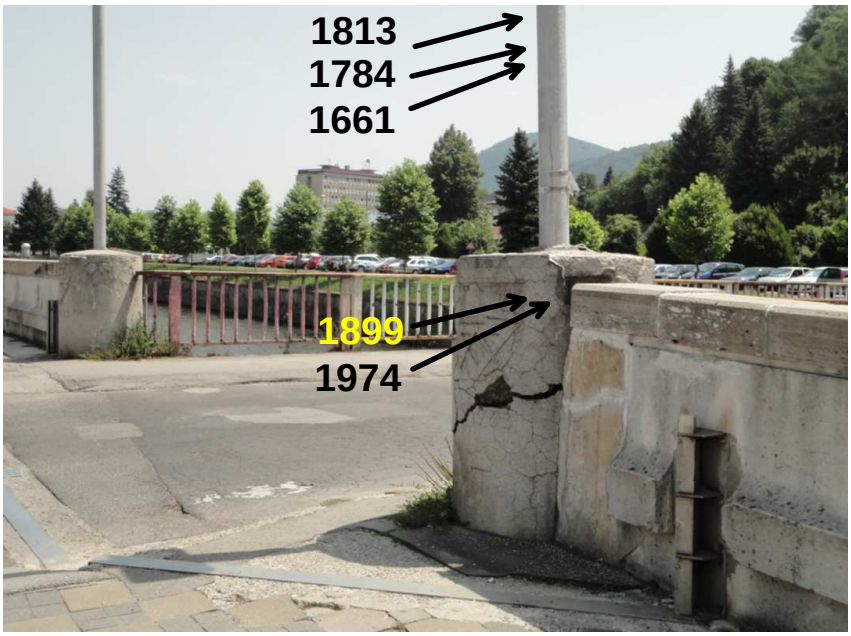
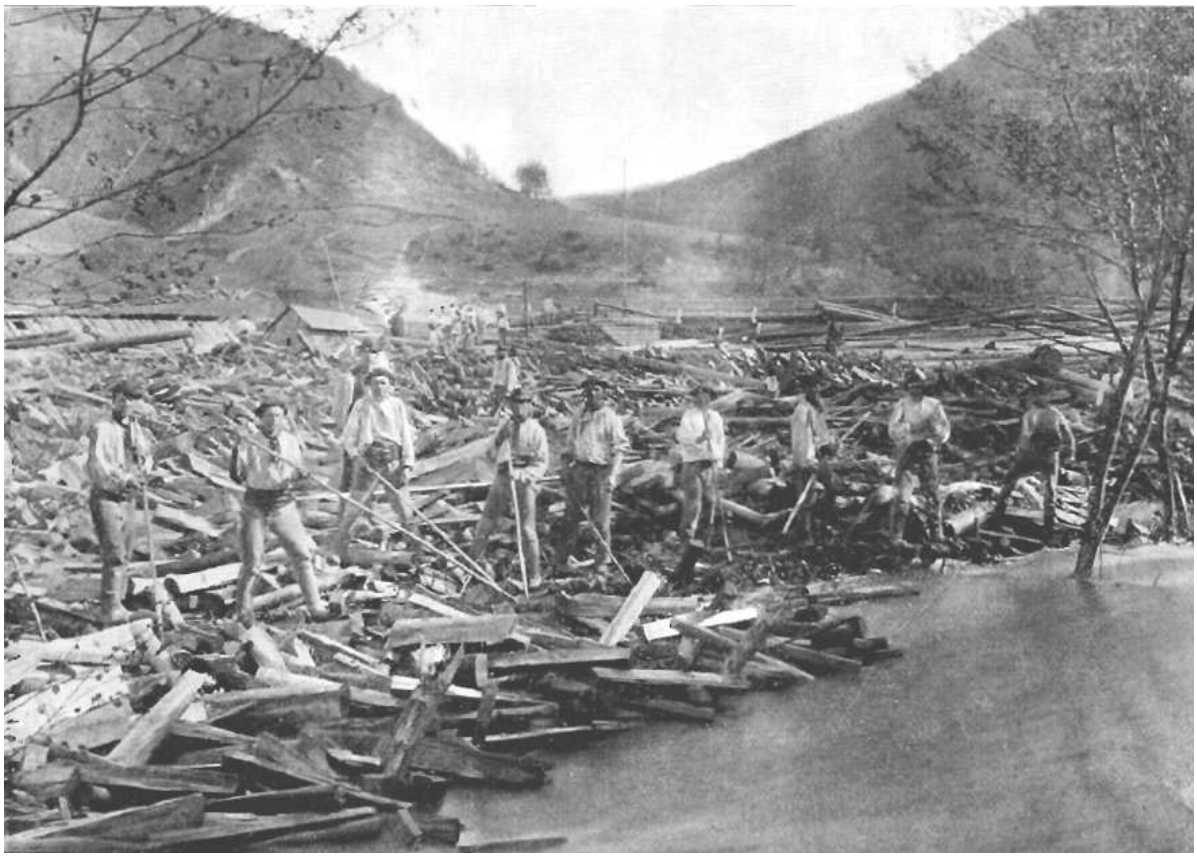


Fig. 6. a) The flood of 1974, Banská Bystrica, bridge at the railway station.
(Photo: http://www.banskabystrica.estranky.sk/fotoalbum/historicke-fotografie/povoden-1974/)
b) Approximate estimate of the water levels of historic floods (Photo: Pekárová, 2011).



a)



b)

Fig. 7. Hron: Banská Bystrica, flood in 1899. a) Forest workers are breaking barricade in front of the bridge. b) Banská Bystrica under water in 1899. In the background there is a forest lodge officers house. (Photo: from Kaán, 1901)

Floods of the Poprad River

The notations of the historic floods (Nemergut, 2009) can be found in annals of several towns and villages along the Poprad River channel (Poprad, Spišská Sobota, Kežmarok, Podolínec, Stará Ľubovňa, Chmeľnica, Plaveč, Mníšek nad Popradom). Baráthová (2011) mentions the following most devastating floods at Kežmarok: 24. 6. 1621, 12. (or 6.) 8. 1662, year 1700, 6. 8. 1725 and 24. 8. 1813. According to existing records the 1813 flood was higher than 1662 flood. Therefore we can consider it as the biggest flood in the last 400 years. According to Baráthová (2011) Kežmarok was flooded during the night from 24 to 25 August 1813. According to personal communication (Baráthová, 2013) the information on flood water level in Kežmarok in 1813 was picked over from the manuscript of Grosz (+1973) about firemen, which is placed in the Kežmarok museum. The line was placed on the house wall close to the doors – upper left on the Fig. 8. It would be possible to renew this flood mark on the neighbouring house. The peak water level of 1813 was much higher than the peak water level in 2010. The description of the floods in 1662 and 1725 according to the diary of Jacob Buchholtz and Georg Buchholtz can be found for example in the study by Brázdil et al. (2008).



Fig. 8. Right – scheme of the historic city wall of Kežmarok (according to http://kezmarok-sk.szm.com/opevnenie-studia/index.htm). On the north-west side there are three branches of the Poprad River, Point „C“– gate „Kušnierska brána“. Left –photography of the J. Buchholtz family house (in the past and today).

Estimation of the distribution functions of the maximum annual discharge

In this paragraph we used the peak flows of the flood in 1813 in the Váh, Hron and Poprad that were estimated by other authors (Miček, 1989; Horváthová, 2003) as well as results of our own estimations (Fig. 9). We used the guidelines Bulletin 17B (1982) to estimate the coefficients of the log-Pearson distribution function Type III historically adjusted (having included the historic floods). In the first

step we estimated the three parameters: mean, variation and skew from the measured data series. The values were calculated by EXCEL sheet FreqCurves ver. 302, where the calculation is performed automatically. Then we added the historic flood flows to the series of measured maximum annual discharge. We calculated the mean – generalised skew coefficient for Váh, Hron and Poprad. In the last step the generalised skew coefficient was used to recalculate the distribution functions historically adjusted (having included the historic data). The calculated *N*-year flows are in Table 2. The final theoretic distribution functions for Hron at Banská Bystrica is in Fig. 10.

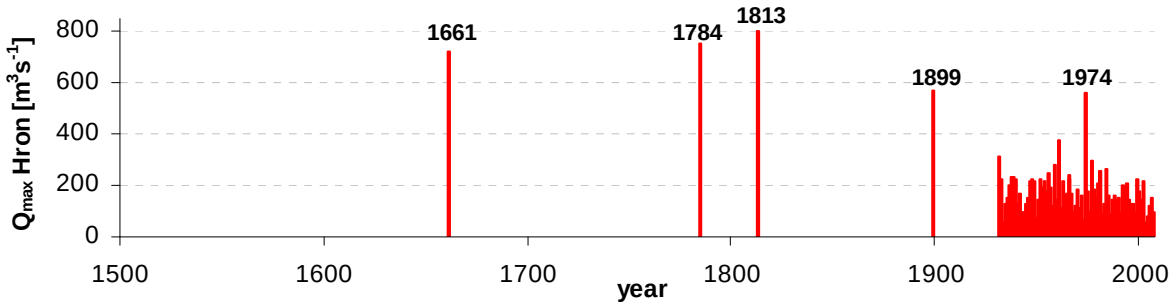


Fig. 9. Historic Hron floods at Banská Bystrica since 1500 up to 1831; since 1931 - the observed annual peaks Qmax at Banská Bystrica.

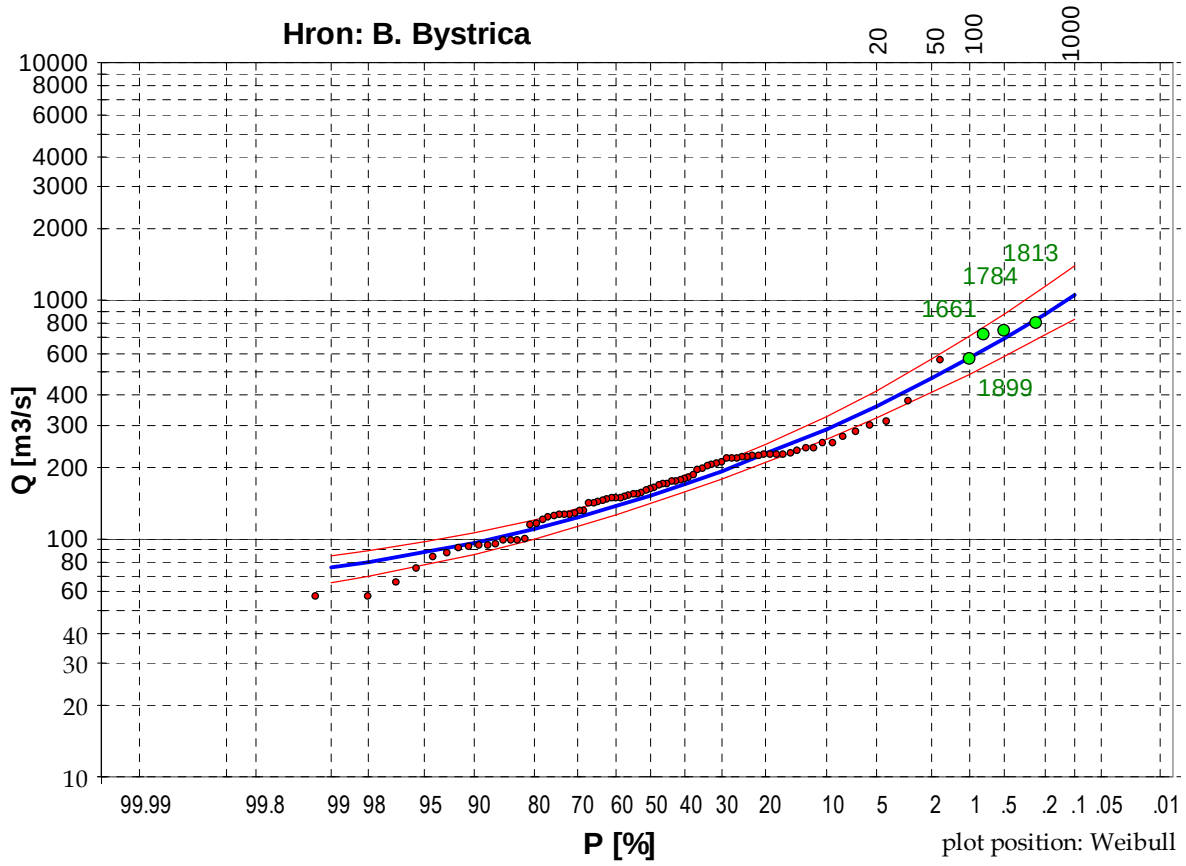


Fig. 10. Theoretical log-Pearson probability exceedance curve type III. of the maximum annual discharge of Hron at Banská Bystrica, 5% and 95% confidence intervals with historic floods.

Table 2. The estimated design flow Q [m^3s^{-1}] for Váh: L. Mikuláš, Poprad: Chmeľnica and Hron: B. Bystrica having included the historic flood flows into the calculation

	P- probability	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
	N- recurrence interval	20	50	100	200	500	1000
Vah	**Q**	**344**	**460**	**566**	**689**	**885**	**1063**
	Q(5)	401	556	701	875	1161	1429
	Q(95)	303	395	476	569	713	841
Poprad	**Q**	**515**	**699**	**863**	**1051**	**1341**	**1598**
	Q(5)	626	881	1116	1394	1838	2243
	Q(95)	439	580	702	838	1045	1223
Hron	**Q**	**357**	**466**	**564**	**677**	**854**	**1013**
	Q(5)	413	557	691	850	1108	1346
	Q(95)	318	404	480	565	696	811

Discussion and conclusion

According to historic records and flood marks of the 1813 flood we estimated the peak flows during this flood. These data were included into the estimation of the design values for selected stations: Váh: Liptovský Mikuláš, Poprad: Chmeľnica and Hron: Banská Bystrica. The rivers and stations were selected with respect to minimal influence of the changes in river basins on the maximum annual discharge series *Qmax*. We were taking into account also similar basin area in sake of comparison of individual stations one to other. The highest value of 1000-year discharge was calculated for the Poprad River at station Chmeľnica. The value is double size compared to Váh at Liptovský Mikuláš.

The assessment of the design flows is a never-ending story. It is necessary to check in regular intervals the validity of the characteristics, and if the design flows meet the new monitored maximum flows.

The historic adjustment (inclusion of the historic flood discharges) makes the estimation of design flows more realistic. It is therefore very important to seek new information on historic floods.

Another aspect to be analysed is the duration of the flood waves. It is not a rule, that the flood with highest peak flow has the highest mean daily flow. E.g. the highest peak flow of Váh at L. Mikuláš was observed during the flood on 29. 6. 1958 (Pacl, 1959). On the second and third position, there are the 1948, and 1925 floods, respectively. But the mean daily discharge was higher during the 1948 flood. For the assessment of the flood risk it is necessary to take into account not only the peak flows, but the volumes of the floods as well.

Acknowledgement

This work was supported by the Science and Technology Assistance Agency under contract No. APVV-0015-10 and project MVTS "KORANET2-051. The paper was prepared during the "Centre of excellence for integrated flood protection of land" (ITMS 26240120004) project implementation supported by the Research & Development Operational Programme funded by the ERDF.

References

Baráthová, N. (2011): Kežmarské pohromy V. Noviny „Kežmarok", 23, s. 13.

Baráthová, N. (2013) Personal communication on 14 September 2013.

Bitara, E. (1998): História povodní v povodí Váhu. In: Povodne a protipovodňová ochrana, Banská Štiavnica, 16–20.

Brázdil, R., Kiss, A., Luterbacher, J., Valášek., H. (2008): Weather patterns in eastern Slovakia 1717–1730, based on records from the Breslau meteorological network. Int. J. Climatol. 28: 1639–1651.

Bulletin 17B (1982): Bulletin 17B "Guidelines for Determining Flood Flow Frequency", Interagency Advisory Committee on Water Data. U.S. Geological Survey, Office of Water-Data Collection, 183 pp.

Burkovská, K. (2008): Historické povodne v Banskej Bystrici. Bystrický Permon, 2.

Čajka, M., 2010: Dolná Lehota Bývalá obec a jej obyvatelia vo fotografii, monografia s CD, vydal Obecný úrad v Oravskom Podzámku, 433 str.

Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks.

Gaál, L., Szolgay, J., Kohnová, S., Hlavčová, K., Viglione, A. (2010a): Inclusion of historical information in flood frequency analysis using a Bayesian MCMC technique: A case study for the power dam Orlik, Czech Republic. Contributions to Geophysics and Geodesy, 40, (2), 121–147.

Gaál, L., Szolgay, J., S. Kohnová, S. (2010b): Zohľadnenie historických povodní pri štatistickom určovaní návrhových maximálnych prietokov. Povodne 2010: Príčiny, priebeh a skúsenosti. Štrbské Pleso, VÚVH, 7 str.

Graus, I. (2004): Tajomné a neobvyklé javy a udalosti v Banskej Bystrici v 16. - 18. storočí. Bystrický Permon 5/2004, s. 4-5.

Horváthová, B. (2003): Povodeň to nie je len veľká voda. Veda, Bratislava, 224 s.

Chmelár, V. (1984): Vážská povodeň z r. 1813. Žilina, Váhostav [Interná publikácia].

Kaán, K. (1901): Povodeň Hrona v povodí Zvolenskej župy (A Gaham Áradása Zólyom Vármegye Vizkörnyékér. Vydavateľ: Nyomatott Machold F., Könyvnyomdájában, 35 s.

Kohnová, S., Szolgay, J., Solín, Ľ., Hlavčová, K. (2006): Regional methods for prediction in ungauged basins. Key Publishing, Ostrava, 113 s.

Kohnová, S., Jeneiová, K., Hlavčová, K. (2013): Extreme runoff scenarios in the Upper Hron river basin. In Water Management and Hydraulic Engineering: Proceedings of the 13th International Symposium. Bratislava, SR, 9.-12.9.2013. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2013, 577–588.

Merz, R., Blöschl, G. (2008a): Flood frequency hydrology: 1. Temporal, spatial, and causal expansion of information. Water Resources Research, 44, W08432 (doi: 10.1029/2007WR006744).

Merz, R., Blöschl, G. (2008b): Flood frequency hydrology: 2. Combining data evidence. Water Resources Research, 44, W08433 (doi: 10.1029/2007WR006745).

Miček, B. (1989): Hodnotenie doterajšieho vývoja povodní v povodí Váhu, ako podkladu pre ďalšie spracovanie SVP ako koncepcie ochrany pred povodňami. Povodie Váhu, Piešťany.

Munkáči, J., Rigo, F. (1998): História povodní a protipovodňovej ochrany v územnej pôsobnosti OZ Povodie Hrona. In: Povodne a protipovodňová ochrana, Banská Štiavnica, 21-28.

MŽP (2003): Kvantita povrchových a podzemných vôd. Hydrologické údaje povrchových vôd. Kvantifikácia povodňového režimu. Časť1: Stanovenie N-ročných prietokov a N-ročných prietokových vĺn na väčších tokoch. Odvetvová technická norma OTN ŽP 3112–1:03, MŽP SR, Bratislava, 31 s.

Nemergut, J. (2009): Plaveč. Obec Plaveč. 176 str.

Pacl, J. (1959): Katastrofálna povodeň v oblasti Tatier v júni 1958, Zborník prác o Tatranskom národnom parku, zv. 3, 17–56.

Pekár, J., Pekárová, P., Bačová Mitková, V., Holko, L., Kostka, Z. (2012): Historické povodne, regionalizácia a návrhové hodnoty N-ročných prietokov s krátkou dobou pozorovania v regióne Západných Tatier. Acta Hydrologica Slovaca, 13/1, 153–164.

Pekárová, P., Miklánek, P., Halmová, D. (2011): Povodeň v roku 1813 na Orave v Dolnej Lehote. In: Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na ÚH SAV - "Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda - rastlina - atmosféra": Bratislava: ÚH SAV, 636-641.

Styk, J. (1994): Aktualizácia ochrany mesta Banská Bystrica pred povodňami. Povodie Hrona, Banská Bystrica.

Prvá aproximácia ku kvantifikácii vplyvu zhutnených líniových povrchov na povodeň v Píle v júni 2011

Orfánus, T., Ústav hydrológie, Slovenská akadémia vied, Bratislava, orfanus@uh.savba.sk

The effect of wood harvesting on hydrological processes has become discussed in Slovakia. No positive effect of forests on storm floods was either predicted or observed when compared to surrogate vegetation; grasslands or shrubs. There was a flood in Píla village in June 7, 2011 caused by the 104 mm rainfall precipitation during 3 hours. The total flood discharge was estimated to 531 000 m^3. The Gidra river catchment is forested by more than 95% but the forest road density in its left part is up to 10 km/km^2. The direct surface runoff from compacted surfaces was estimated to about 54 000 m^3 The HYDRUS-2D simulations revealed that the drainage of the upward slopes by deeper logging roads could transform similar amount of subsurface flow to the surface one which could also contribute to the direct flood discharge.

Kľúčové slová: lesné cesty, povodne, Gidra, HYDRUS-2D

Úvod

Jedným z najdiskutovanejších environmentálnych problémov na Slovensku sa v posledných rokoch stala ťažba dreva a jej vplyv na hydrologické procesy. Podľa tvrdení rôznych nevládnych organizácií zameraných na ochranu prírody (NGO) stojí za čoraz častejšími povodňami vyskytujúcimi sa v podhorských oblastiach Slovenska v posledných dvoch dekádach predovšetkým praktizovanie nešetrného holorubného spôsobu ťažby dreva v lesoch. Je pravdou, že po roku 1990 spôsobila transformácia vlastníckych vzťahov v prevažnej časti našich lesov do súkromných rúk zníženie kvality a vitality našich lesov. Je to spôsobené predovšetkým nezodpovednosťou majiteľov, neprofesionálnym prístupom prenajímaných súkromných ťažobných spoločností ale predovšetkým nepružnosťou nášho legislatívneho systému, keďže nedošlo od roku 1990 prakticky k žiadnemu posilneniu právnych zákonov a noriem tak, aby neboli beztrestne obchádzané ale naopak dodržiavané.
Hlavný argument ochranárskych združení proti ťažbe dreva (najmä holorubným spôsobom) sa opiera o premisu, že najlepším prevenčným protipovodňovým opatrením v horských oblastiach je kompaktný lesný porast. Táto premisa sa medzi lesníkmi a ochranármi dedila celé desaťročia bez dostatočného kritického zhodnotenia jej racionálneho základu. Zvyčajne sa verejnosti predkladá veľmi zavádzajúca predstava akéhosi zázračného transformačnoho účinku lesnej vegetácie na prívalové zrážky. Takýto efekt v skutočnosti neexistuje. Je pravdou, že počas vegetačnej sezóny intercepcia (a teda aj následný výpar do atmosféry) zrážok v korunách stromov silne ovplyvňuje dlhodobú vodnú bilanciu územia, pretože môže predstavovať až 40% celkových zrážok za toto obdobie (Kňava et al., 2008; Miklánek a Pekárová, 2006). Avšak ich okamžitá jednorazová intercepčná kapacita pri zrážkovej udalosti je max. 5 mm zrážok, čo pri úhrnoch nad 50 mm predstavuje zanedbateľný efekt.
Argument o negatívnom vplyve zmeny vegetačného krytu na povodne pri holorubnej ťažbe, kedy sú vyťažené stromy nahradené trávnatými a bylinnými porastmi, prípadne krovinami teda neobstojí. Pri šetrnej ťažbe (aj holorubným spôsobom) ak sa zamedzí zhutňovaniu pôdy, nedochádza k akcelerácii odtoku počas silných zrážkových udalostí, teda k bleskovým povodniam. Zvýšený odtok ani erózia pôdy neboli pozorované ani na rozsiahlych plochách postihnutých katastrofálnou veternou kalamitou v novembri 2004 vo Vysokých Tatrách, pretože povrch pôdy veľmi rýchlo zarástol travinno-bylinnými spoločenstvami a krami a nebola znížená infiltračná kapacita lokálnych pôd zhutnením.
Na druhej strane je preukázané, že zhutnené líniové povrchy v lesných ekosystémoch sústreďujú povrchový odtok, zvyšujú drenážnu hustotu povodia a sú zdrojom 30 až 80 % sedimentov transportovaných v riekach (e.g. Haupt, 1959; Hafley, 1975; Ward, 1985; Hagans et al., 1986). V prirodzených povodiach je najväčším prispievateľom k prietokom pri významnejších

zrážkoodtokových udalostiach („vlny“ na hydrograme) laterálny podpovrchový odtok (Whipkey, 1965; Bernier, 1985; Šach et al., 2000), ktorý v zalesnených povodiach môže predstavovať až 50 - 80% celkového odtečeného množstva vody pri takejto udalosti (Bernier, 1985).
Tým, že zhutnené líniové povrchy sú často priamo „budované“ ako hlboké zárezy do svahov terénu, prípadne ich do takej podoby prehĺbi erózia, dochádza v takýchto miestach k drenovaniu týchto svahov a transformácii podpovrchového odtoku na povrchový a teda k urýchľovaniu odtoku z povodia (bleskové povodne). Na obrázku 1 je príklad starej „približovacej“ línie, po ktorej voda tečie ešte niekoľko hodín ba aj niekoľko dní po zrážkovej udalosti. Takýto prvok v lesnej krajine, ak sa nezrekultivuje, sa časom stáva novým nepôvodným korytom, v ktorom sa sústreďuje a urýchľuje odtok.
Slovenská technická norma STN 73 6108 (Lesná dopravná sieť) hovorí, že „Približovanie po zemných cestách sa musí vykonávať tak, aby sa nadmerne nepoškodzovali okolité porasty a povrch cesty. Uvedenie cesty do pôvodného stavu treba vykonať ihneď po skončení približovania. Nepripúšťa sa budovanie náhradných /aj keď len dočasných/ komunikácií v tesnej blízkosti poškodeného úseku....“ a ďalej v časti o rekultivácii lesných ciest; „Cieľom rekultivácie lesných ciest je zamedzenie vzniku eróznych rýh a vrátenie plochy lesnej pôdy na produkčné účely. Nezanedbateľným dôvodom je aj zlepšenie vzhľadu krajiny.“ V praxi sa však tieto normy dodržujú skôr výnimočne, než všeobecne.
Dňa 7. 6. 2011 postihla povodie rieky Gidry extrémny dážď, kedy v poobedňajších hodinách spadlo v priebehu 3 hodín 104 mm zrážok. Celkový objem vody, ktorý padol na územie nad obcou Píla bol 3 280 000 m^3. Odhadnutý celkový odtok počas povodne bol 531 000 m^3 (do 7.00 hodiny druhého dňa, Pekárová a kol., 2012) a teda odtokový súčiniteľ bol 16,1 %. Priamym (povrchový a podpovrchový) odtokom odtieklo 382 tisíc m^3 vody, tj. 11.4 % zo spadnutých zrážok

Cieľom tohto príspevku je kvantifikácia možného dopadu vysokej hustoty nezrekultivovaných lesných ciest a „približovacích“ trás v povodí rieky Gidra na povodeň v obci Píla 7. júna 2011.

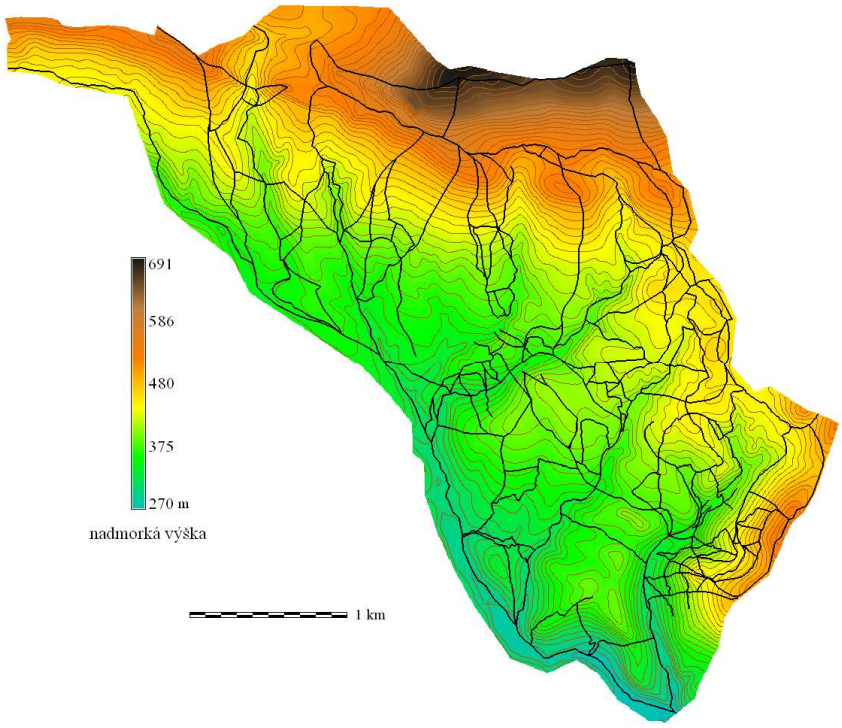


Obr. 1 Premena starej lesnými mechanizmami vyjazdenej línie na približovanie dreva do podoby malej bystriny.

Materiál a metódy

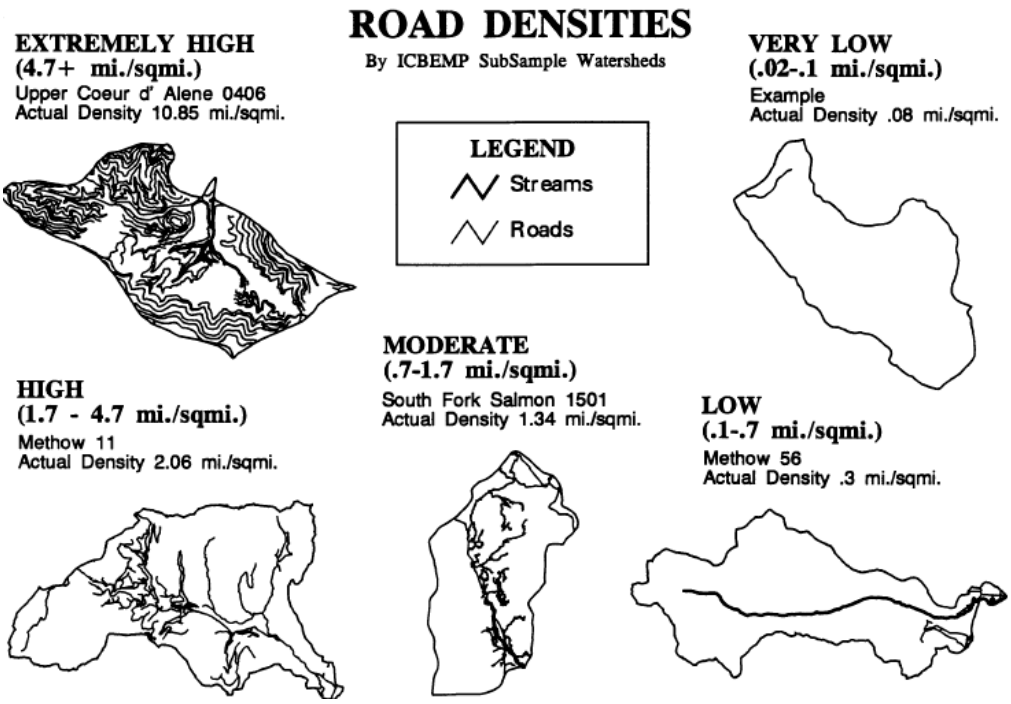
Charakteristiky povodia

Plocha povodia rieky Gidry nad obcou Píla, ktorá bola najviac postihnutou dedinou počas povodne dňa 7. júna 2011, je 32 km^2. Lesnatosť povodia je viac ako 95 %, napriek tomu mala spomínaná udalosť charakter bleskovej povodne. Návšteva postihnutej oblasti a rekognoskácia terénu odhalili, že na prvý pohľad zdravý kompaktný lesný porast má v skutočnosti extrémne vysokú hustotu lesných ciest a približovacích liniek na sústredenie dreva. Na obrázku 2 je znázornená väčšia časť týchto ciest v ľavej strane povodia, ktoré sa nám podarilo zmapovať pomocou diaľkových snímok a čiastočne s použitím motocyklov vybavených GPS. Ich hustota dosahuje miestmi až 10 km / km^2.

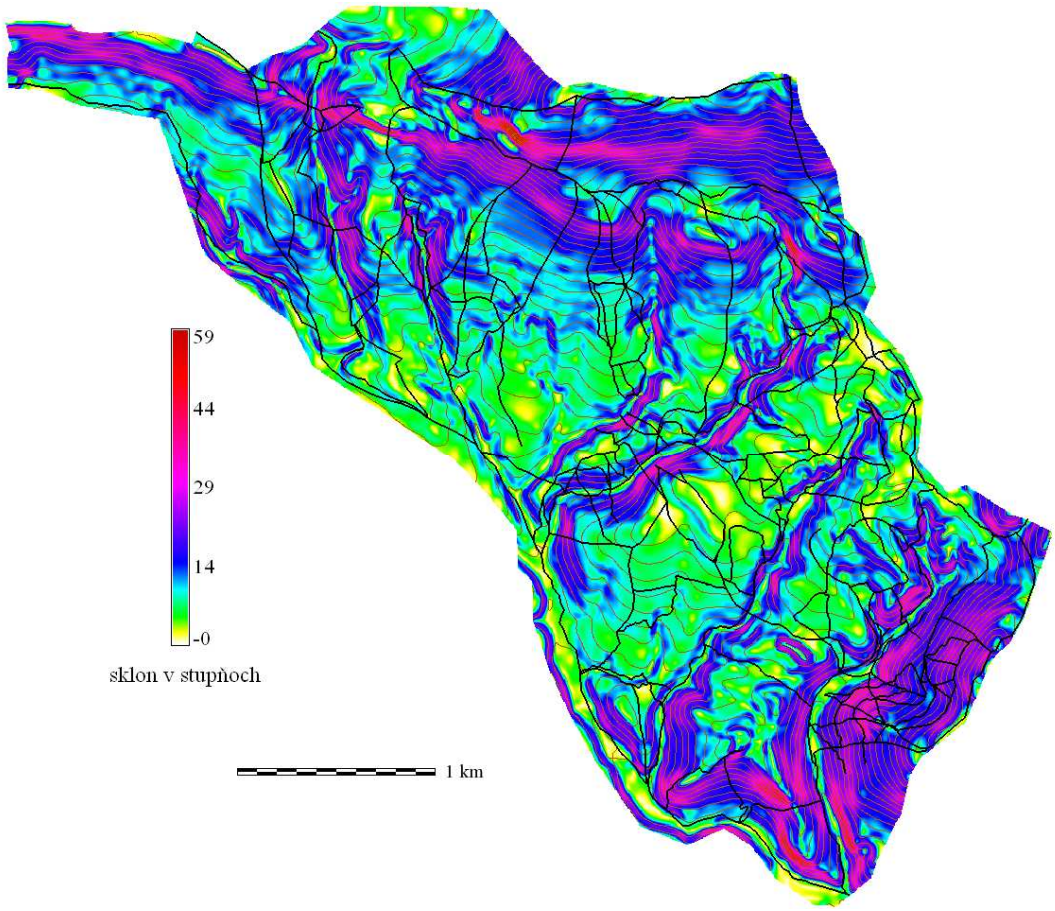


Obr. 2 Sieť lesných ciest (čierne línie) v ľavej strane povodia rieky Gidra.

Za účelom modelovania výtoku vody z podpovrchového odtoku na povrch lesných ciest pomocou modelu prenosu vody v pôde HYDRUS-2D bol zanalyzovaný digitálny model terénu povodia Gidry v prostredí Grass GIS a spravená mapa sklonitosti územia (Obr. 4). Výsledky 2-D modelovania pri rôznych sklonoch terénu boli potom spriemerované pre celé územie povodia Gidry váženým priemerom podľa frekvencie výskytu jednotlivých tried sklonitosti. Priemerná šírka lesných ciest v povodí Gidry bola odhadnutá na 4 m, pričom sú často vyhĺbené bagrom alebo eróziou až do hĺbky 2 m oproti úrovni svahu nad nimi.

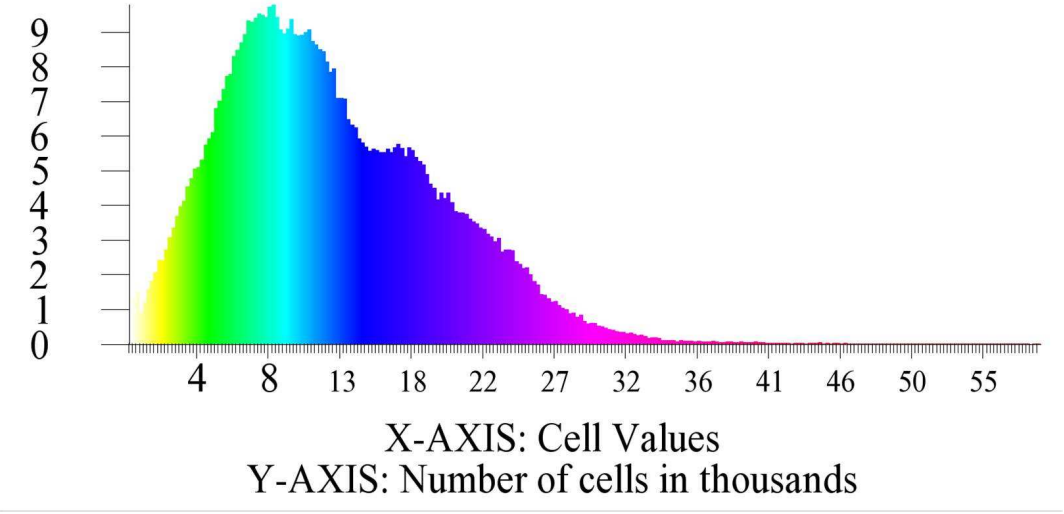


Obr. 3 Klasifikácia hustoty siete lesných ciest v povodí podľa USDA Forest Service (1998).



Obr. 4 Mapa sklonitosti územia v ľavej strane povodia rieky Gidra.

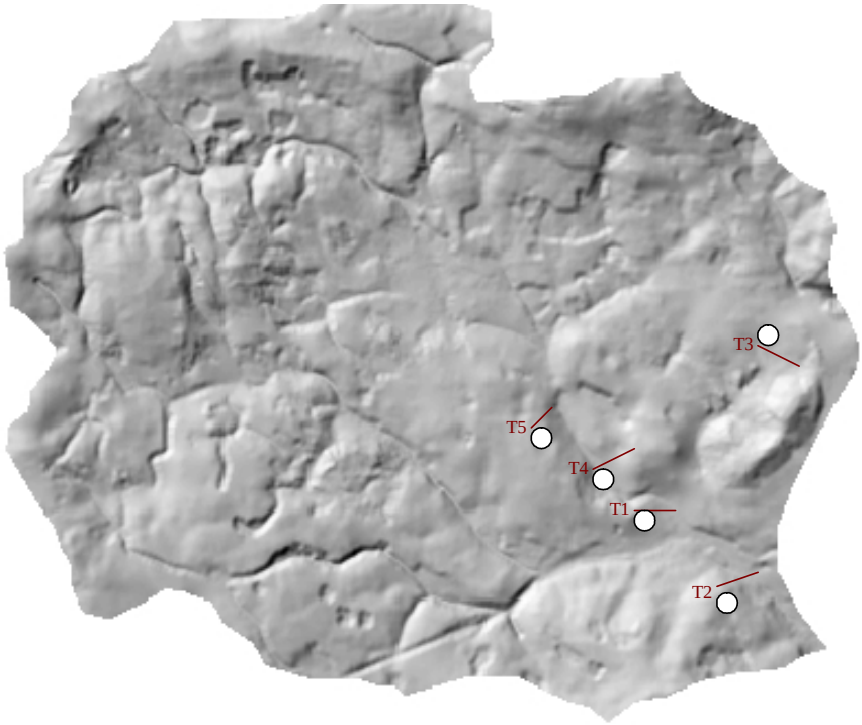
Následne bola vyhodnotená frekvenčná distribúcia sklonitosti v podobe histogramu (Obr. 5).



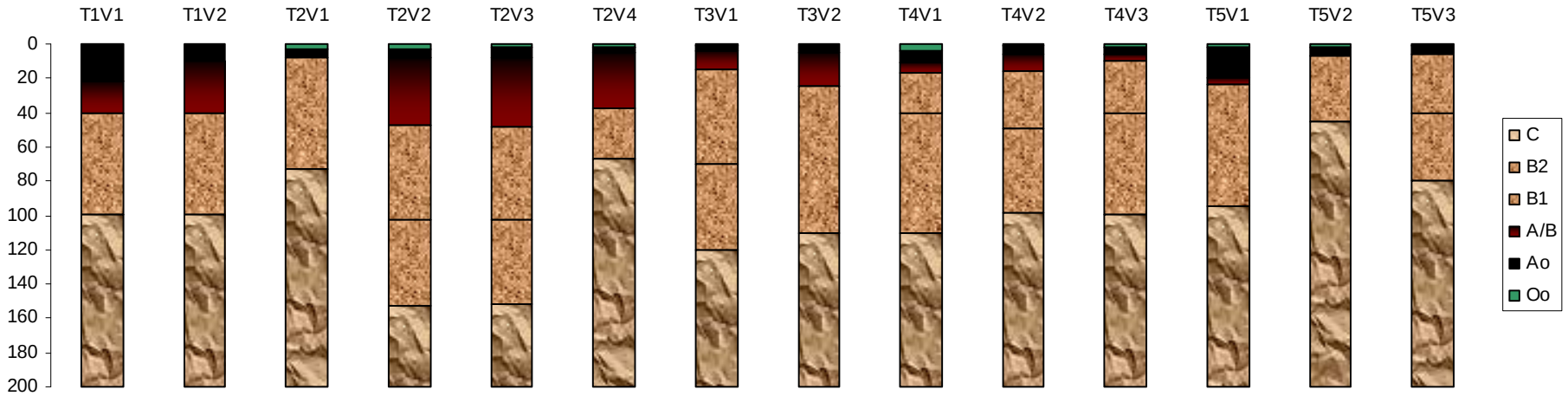
Obr. 5 Histogram sklonitosti územia v ľavej strane povodia rieky Gidry. Na ose Y je počet rastrových buniek v tisícoch

Charakteristiky pôd

Vstupnými charakteristikami potrebnými pre 2-D modelovanie boli okrem sklonov a dĺžok svahov ďalej charakteristiky pôdneho krytu; hĺbka pôdneho profilu, identifikácia pôdnych horizontov, textúra pôdy a hydrofyzikálne charakteristiky (vlhkostná retenčná krivka a nasýtená hydraulická vodivosť). Pôdne charakteristiky boli mapované v 5 transektoch, ako je znázornené na obrázku 6. Na Obr. 7 sú potom znázornené zmapované pôdne profily v týchto transektoch.



Obr. 6 Pedologický prieskum bol zrealizovaný vo vybratých transektoch v najkritickejšej časti povodia.



Obr. 7 Zmapované pôdne profily. Pôdny typ kambizem, KM. Jednotlivé identifikované pôdne horizonty sú: Oo – opadankový pokrývkový horizont, Ao – ochrický organominerálny horizont, A/B – prechodný horizont, B1 a B2 – kambický horizont, C – pôdotvorný substrát alebo materská hornina.

Po spracovaní údajov z pedologického prieskumu bol pre účely modelovania definovaný tzv. reprezentatívny pôdny profil, ktorý mal nasledujúce charakteristiky:

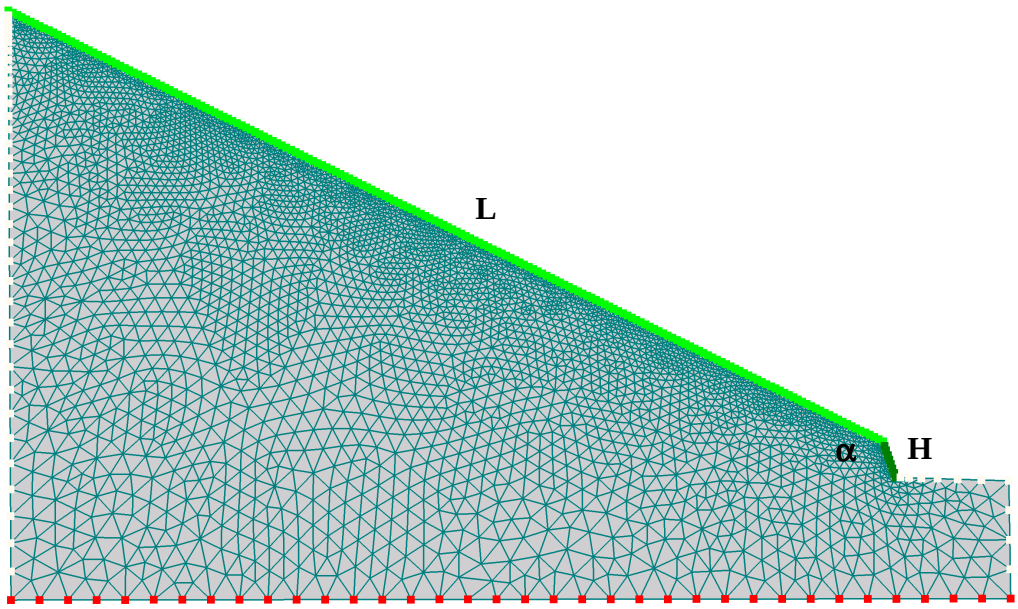
Uvažované pôdne horizonty: Ao, B, C
Celková hĺbka (Ao + B): 100 cm,
Hrúbka Ao: 25 cm, uvažuje sa aj s prechodným A/B horizontom,
Hrúbka B: 75 cm, uvažuje sa zjednotenie B1 a B2,
Pôdny druh Ao: piesčito-hlinitá pôda,
Pôdny druh B: ílovito-piesočnato-hlinitá pôda,
C – horizont sme definovali ako veľmi málo priepustný deluviálno-proluviálny substrát.
Hydrofyzikálne charakteristiky jednotlivých horizontov boli určené štandardnými laboratórnymi metódami a sú uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1 Parametre vlhkostnej retenčnej krivky (θ_r, θ_S, α, n), nasýtená hydraulická vodivosť, K_S a tortuozita, I jednotlivých pôdnych horizontov (Ao=1, B=2, C=3)

Mat	Qr	Qs	Alpha	n	Ks	l
1	0.065	0.41	0.075	1.89	48	0.5
2	0.095	0.28	0.019	1.31	0.85	0.5
3	0.001	0.09	0.019	1.31	0.0005	0.5

2-D modelovanie

V modeli HYDRUS 2-D bola definovaná základná geometria riešenej domény, t.j. svahu, do ktorého je vyhĺbená lesná cesta podľa obrázka 8. Parametre dĺžka svahu, L, hĺbka zárezu lesnej cesty, H α sklon svahu nad cestou, a sú premenlivé.



Obr. 8 Geometria a okrajové podmienky riešenej domény. L je dĺžka svahu, H je hĺbka zárezu lesnej cesty, α je sklon svahu nad cestou, svetlozelená farba určuje atmosferickú okrajovú podmienku, tmavozelená je „seepage face“ a červená je voľná drenáž. Ostatné okraje boli definované ako „no flux“.

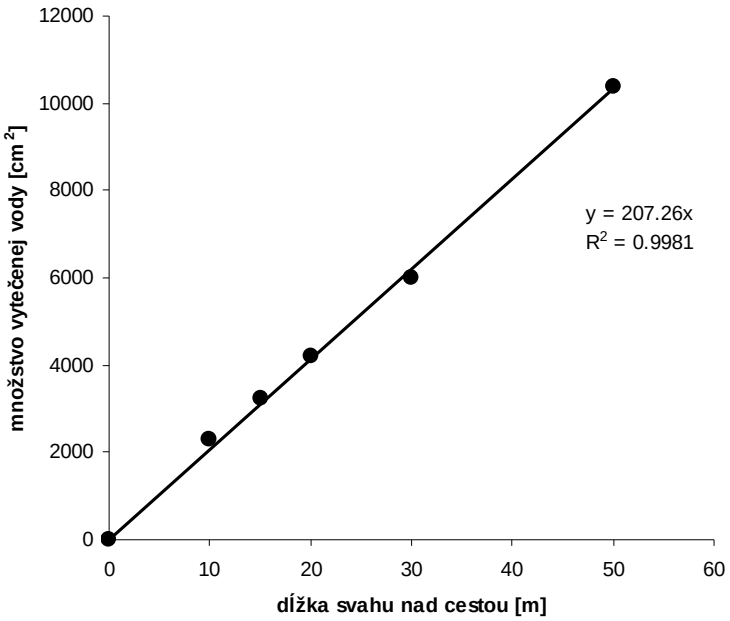
Variabilná horná okrajová podmienka bola definovaná ako dážď s intenzitou 0,057 cm/min. počas prvých 180 minút a 0,00 cm/ min. počas ďalších 120 minút (koniec vlny), čiže celkový úhrn 104 mm za 3 hodiny. Rovnaká zrážková udalosť postihla povodie Gidry 7. júna 2011. Zárez lesnej cesty bol definovaný ako „seepage face“, kadiaľ po dosiahnutí nasýteného stavu dochádza k výtoku vody na lesnú cestu. V prípade nenasýteného stavu sa okrajová podmienka mení na atmosférickú. Spodná okrajová podmienka definovanej domény bola zvolená ako voľná drenáž (free drainage). V ostatných okrajoch domény bol uvažovaný nulový tok (povrch cesty sa uvažuje ako nepriepustný).

Keďže povodňovej zrážkovej udalosti predchádzalo niekoľko dní so zrážkami (denný úhrn dňa 6. 6. v stanici Modra- Piesok bol 27 mm), definovali sme počiatočnú podmienku v hodnotách vlhkostného potenciálu rovnému -100 cm na spodnom okraji a-200 cm v najvyššom bode domény.

Výsledky a diskusia

Vzťah medzi dĺžkou svahu a výtokom na cestu

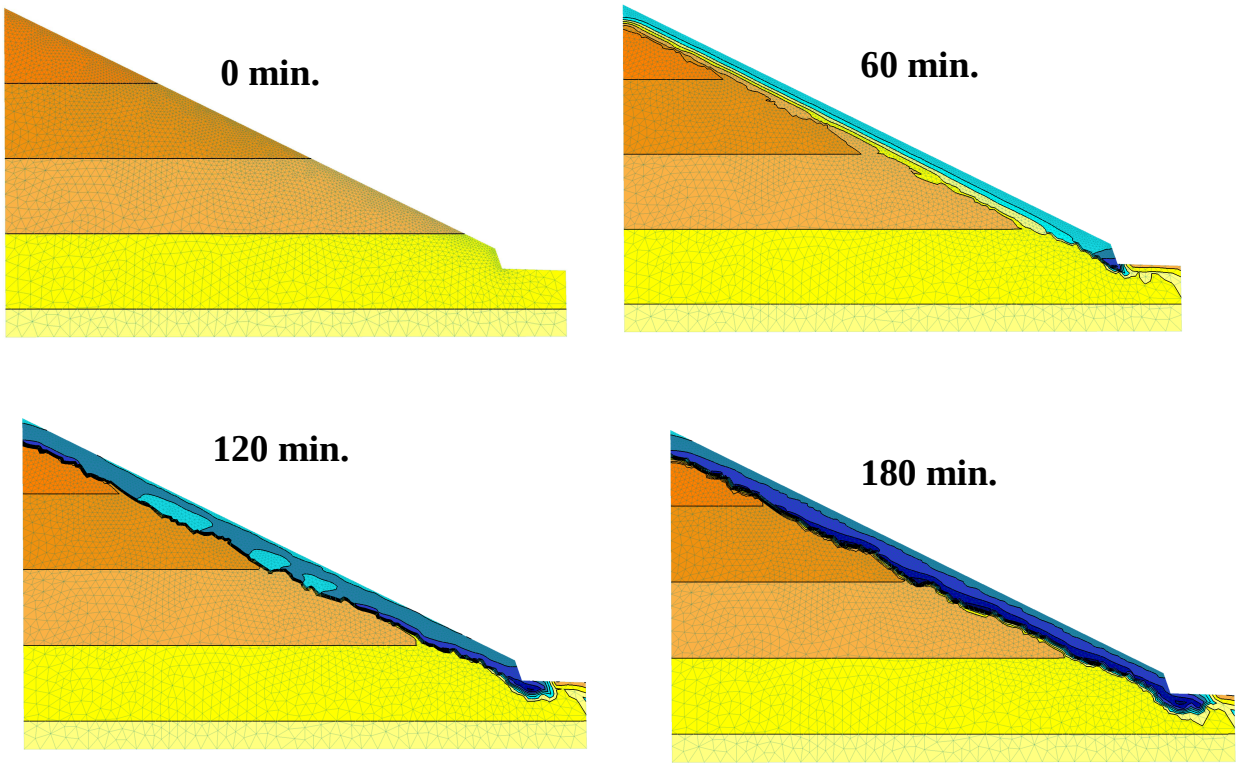
Ak skúmame vplyv hustoty spevnených a zhutnených líniových povrchov na transformáciu podpovrchového odtoku na povrchový, je rozhodujúci parameter dĺžky svahu. Závislosť množstva vytečenej vody na lesnú cestu od dĺžky drenovaného svahu sa pre simulované dĺžky svahu (10 m, 15 m, 20m, 30 m, 50 m) prekvapujúco ukázala byť lineárna (Obr. 9).



Obr. 9 Množstvo podpovrchovej vody vytečenej na lesnú cestu v závislosti na dĺžke drénovaného svahu nad cestou.

To v podstate znamená, že ak je frekvencia ciest vyhĺbených vo svahu väčšia ako každých 50 m, nemá to vplyv na množstvo transformovaného podpovrchového odtoku. Dve cesty na 50 metrov majú rovnaký efekt ako jedna cesta. Tento zdanlivý paradox je spôsobený práve extrémnym zrážkovým úhrnom a jeho intenzitou. Ak sa pozrieme na vývoj nasýtenej zóny na rozhraní pôdnych horizontov B a C, vidíme, že v dobe, kedy extrémna zrážková udalosť končila, bola už po celej dĺžke svahu

vytvorená nasýtená zóna (Obr. 10). Ak by dážď s rovnakou intenzitou trval 120 minút, vytvorila by sa súvislá nasýtená zóna po celej dĺžke svahu, ale až po-zrážkovom období (cca 250 minút od začiatku dažďa).

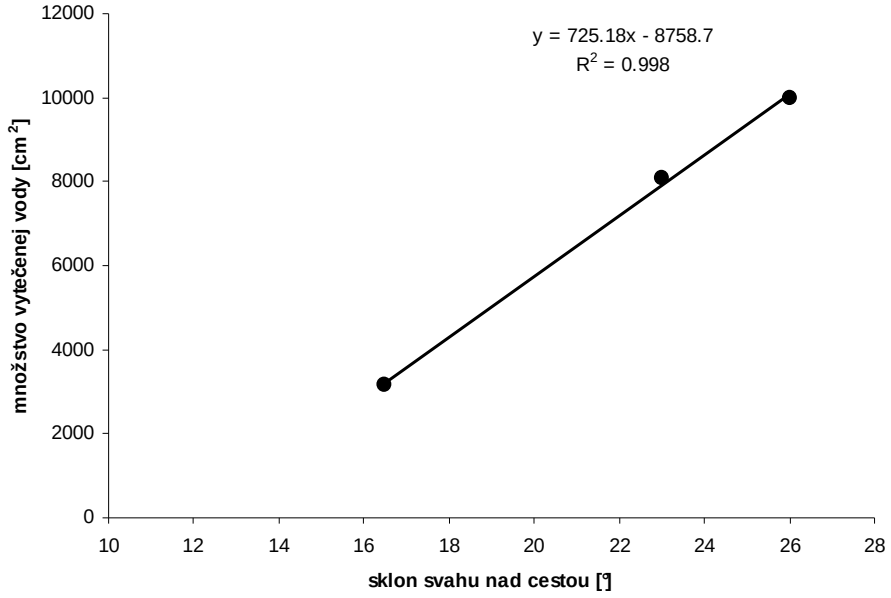


Obr. 10 Vývoj nasýtenej zóny (tmavomodrá farba) na rozhraní pôdneho profilu s málo priepustným pôdotvorným substrátom, resp. materskou horninou. Dĺžka celého svahu je tu 30 m.

V prípade, že by dážď s rovnakou intenzitou trval len hodinu, nedošlo by k transformácii odtoku vôbec. Ak by sa nasýtená zóna nevytvorila po celej dĺžke svahu, bolo by možné definovať kritickú vzdialenosť lesných a približovacích ciest vzhľadom na transformáciu podpovrchového odtoku. Pri 100-minútovom daždi by to bolo približne 10 m. Priemerná vzdialenosť lesných ciest v povodí rieky Gidra nad obcou Píla bola odhadnutá na 200 m. Či predmetný dážď mohol vytvoriť súvislú nasýtenú zónu až na dĺžku 200 m sa zatiaľ nepodarilo nasimulovať. Ak by tomu bolo tak, znamenalo by to, že pri takej extrémnej zrážkovej udalosti, aká postihla obec Píla, nemala transformácia podpovrchového odtoku na povrchový lesnými cestami prakticky žiaden výrazný vplyv na priebeh povodne. A práve zistiť kritickú dĺžku svahov s rôznymi sklonmi pre úhrnnú simulovanú zrážkovú udalosť (104 mm za 3 hodiny) bude úlohou pre budúcnosť, keďže bude pravdepodobne vyžadovať viaceré úpravy domény s ohľadom na výpočtovú kapacitu modelu HYDRUS-2D.
V tomto štádiu môžeme len konštatovať, že hustota zhutnených líniových povrchov vo svahoch by mohla mať rozhodujúci vplyv na transformáciu podpovrchového odtoku na povrchový odtok pri takých zrážkových udalostiach, pri ktorých sa na rozhraní s málo priepustným podložím nevytvorí súvislá nasýtená zóna po celej dĺžke svahov. V takýchto prípadoch je tento vplyv veľmi výrazný, pretože výtok vody na cesty cez „seepage face“ pretrváva aj niekoľko hodín po doznení zrážky aj povodňovej vlny.

Vzťah medzi sklonom svahu a výtokom na cestu

Ďalším rozhodujúcim parametrom, ktorý ovplyvňuje priebeh transformácie podpovrchového odtoku na povrchový, je sklon svahu. Aj tu sa ukázal byť vzťah lineárny (Obr. 11).



Obr. 11 Množstvo podpovrchovej vody vytečenej na lesnú cestu v závislosti na sklone drénovaného svahu nad cestou. Platí pre 30 m dlhý svah.

Odhad vplyvu zhutnených líniových povrchov na povodeň v obci Píla

Celková dĺžka lesných ciest v povodí rieky Gidra nad obcou Píla bola odhadnutá na 160 km. Pri ich priemernej šírke 4 m predtavuje ich celková plocha 0,64 km^2. To znamená, že na ich povrch padlo počas extrémneho dažďa zo 7. júna 2011 66560 m^3 vody. Ak predpokladáme, že po nich odtieklo 81 % vody (Orfánus, 2011), predstavuje to priamy príspevok k odtoku cca 54 000 m^3 vody, čiže asi 10 %, celkovej odtečenej vody počas povodne.

Nepriamy príspevok zhutnených líniových povrchov k povodňovému odtoku spočíva v transformácii podpovrchového odtoku na povrchový v oblastiach, kde sú tieto povrchy vyhĺbené až do blízkosti málo priepustného podložia, čo sme pri rekognoskácii terénu odhadli na asi 25 % celkovej dĺžky ciest, čiže asi 40 km. Priemerné množstvo vytečenej vody cez takéto rozhrania odhadujeme s uvážením sklonitosti terénu v povodí na 14000 cm^2 pri kritickej dĺžke svahu 100 m, čo predstavuje ďalších 56 000 m^3 vody. Celkový príspevok zhutnených líniových povrchov k povodňovému odtoku z povodia Gidry nad obcou Píla z dňa 7. júna 2011 je podľa prvého odhadu 110 000 m^3, čiže asi 29 % priameho odtoku a 21 % celkovej odtečenej vody počas povodne.

V ďalšom upresňovaní tohto výsledku sa budeme sústrediť na určenie kritickej dĺžky svahu pre rôzne naklonené svahy, pluralizáciu pôdnych vlastností a analýzu sklonitosti samostatne pre jednotlivé lesné cesty.

Poďakovanie. Spracovanie tohto príspevku bolo umožnené aj vďaka podpore v rámci GP VEGA 2/0167/12 „Vplyv nadložných organických horizontov pôdy na hydrologické procesy“.

Literatúra

Bernier PY. 1985: Variable source areas and storm-flow generation: an update of the concept and a simulation effort. Journal of Hydrology 79, 195 – 213.

Hagans, D. K., Weaver, W.E., and Madej, M.A. 1986: Long term on-site and off-site effects of logging and erosion in the redwood creek basin, Northern California.

Kňava, K., Novák, V., Orfánus, T., Majerčák, J. 2008: High Tatras forest structure changes and their influence on rain interception and some components of water balance. Contributions to Geophysics and Geodesy 3, 293 – 304.

Miklánek P., Pekárová P., 2006: Odhad intercepcie v experimentálnych mikropovodiach ÚH SAV so smrekovou a hrabovou monokultúrou. J. Hydrol. Hydromech. 54, 123 – 136.

Orfánus, T. 2011: Oficiálna správa o výsledkoch testu protipovodňovej a protieróznej účinnosti dvoch technických opatrení, ktoré boli zrealizované ako pilotné projekty nad obcou Ťahanovce. ÚH SAV.

Pekárová, P., Svoboda, A., Miklánek, P., Halmová, D., Pekár, J. 2012. Problémy povodní na malých tokoch II časť - Modelovanie povodne modelom NCL.
http://www.vuvh.sk/download/ManazmentPovodi_rizik/zbornikPrispevkov/Konferencia/Prispevky/SekciaC/Pekarova_a_kol2.pdf

Šach F., Kantor P., Černohous V. 2000: Forest ecosystems, their management by man and floods in the Orlicke hory Mts in summer 1997. Ecology (Bratislava) 19, 72 – 90.

Whipkey RZ. 1965: Subsurface stormflow from forested slopes. Int. Assoc. Sci. Hydrology Bull., 10.

USDA Forest Service 1998: National Forest Road System and Use. USDA Agricultural handbook. Ed. Gerald Coghlan and Richard Sowa. Washington D.C.

Title: Project CEFRAME

Abstract:
The project “Central European Flood Risk Assessment and Management in CENTROPE” is the initiative of member states of the European Union at flood management in Central Europe as platform for development strategies and recommendations to reliable and sustainable flood risk management in a frame of the transboundary river basins in compliance with Directive of the European Parliament and the Council 2007/60/ES. Transboundary flood risk management was applied in pilot river basins of the Dyje River, the Morava River and Lajta River. Project involved territories of Austria, Czech Republic, Slovak Republic and Hungary. The goal of the paper was a sustainable; an integrated flood protection based on common evaluation the flood management tools, the flood protection methodology harmonization and flood risk management strategies assessment.

ČO ZNAMENALA POVODEŇ V JÚNI 2013 NA DUNAJI

What did the flood in June 2013 on Danube River mean for us

Danáčová, Z., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, zuzana.danacova@shmu.sk,
Poórová, J., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, jana.poorova@shmu.sk
Tausberik, O., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, ondrej.tausberik@shmu.sk
Škoda, P., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, peter.skoda@shmu.sk
Blaškovičová, L., Slovenský hydromet. ústav,Bratislava, lotta.blaskovicova@shmu.sk

Abstract

Danube River is after Volga the second largest river in Europe. During extremely high water level and discharge it is necessary to obtain the maximum possible quality directly measured data. That significantly influences the quality of operative assessment of measured data for calibration and verifying of the rating curves, necessary for evaluating of discharge. The flood on Danube in June 2013 is an outstanding example of the fact, what important value do have the measured and afterwards also evaluated data from the history and its correct interpretation. During this flood the hydrologists forom SHMU were able to provide significantly more direct discharge measurements as in the past. The peak discharge values in the water-gauging stations varied among the values of 50 to 100-year flood period.

Abstrakt

Dunaj je po Volge druhou najväčšou riekou Európy. Počas extrémne vysokých vodných stavov a prietokov je potrebné získať čo najväčšie množstvo kvalitných priamo zameraných údajov, čo kvalitatívne výrazne ovplyvňuje operatívne vyhodnocovanie nameraných údajov pre kalibrácie alebo overovanie merných kriviek nevyhnutných pre vyčísľovanie prietokov. Povodeň na Dunaji v júni 2013 je vynikajúcim príkladom toho, akú cenu majú merané a následne aj zhodnotené údaje z minulosti a ich správna interpretácia. Počas tohtoročnej júnovej povodne sa podarilo hydrológom vykonať výrazne viac priamych meraní ako v minulosti. Hodnoty maximálnych prietokov vo vodomerných staniciach sa pohybovali v rozmedzí 50 – 100 ročných prietokov.

Kľúčové slová

Povodeň, meranie, prietok, kulminácia, povodňová vlna

Keywords:

Flood, measurement, discharge, peak flow, flood wave

Úvod

Povodeň je z hydrologického, meteorologického, vodohospodárskeho a ekologického hľadiska extrémny fenomén s mimoriadnymi prejavmi v odtokovom procese. Ak prvky odtokového procesu jednotlivých povodňových udalostí zaznamenáme a zhodnotíme, získame cenné informácie, ktoré sa môžu zužitkovať na ochranu pred ďalšími povodňami.
Povodeň na Dunaji v júni 2013 je vynikajúcim príkladom toho, akú cenu majú merané a následne aj zhodnotené údaje z minulosti a ich správna interpretácia. Aj napriek škodám, ktoré júnová povodeň spôsobila, znamenala hlavne v oblasti Bratislavy aj turistickú atrakciu, tzv. „fenomén povodňovej turistiky“. Málokto z tisícov ľudí, ktorí sa na dunajských nábrežiach v Bratislave nadchýnali nad spútanou obrovskou valiacou sa masou vody, si uvedomil, že za spútaním Dunaja sa skrýva dlhodobá,

systematická práca hydrológov a vodohospodárov. Ochrana pred povodňami a zmierňovanie ich následkov si totiž vyžaduje dlhodobú koncepčnú činnosť.

Základné charakteristiky toku Dunaj

Dunaj je po Volge druhou najväčšou riekou Európy, a to nielen na základe dĺžky toku, ale aj podľa plochy povodia. Pramení v Čiernom lese a vzniká sútokom riek Breg a Brigach, ktoré sa spájajú v nadmorskej výške 678 metrov pri Donaueschingene. Povodie zasahuje na územie osemnástich štátov a cez územie desiatich z nich rieka Dunaj priamo preteká, alebo tvorí ich štátnu hranicu. Vody Európy odvádza do Čierneho mora. Jeho povodie zaberá približne 10% povrchu Európy. Samotný Dunaj preteká štyrmi hlavnými mestami (Viedeň, Bratislava, Budapešť, Belehrad).
Dunaj priteká na územie Slovenska cez Devínsku bránu v rkm 1880, kde zároveň priberá svoj prvý prítok na našom území, a to rieku Moravu. Pod Bratislavou sa tok môže pýšiť pozostatkami vnútrozemskej delty, ktorá je v súčasnosti značne regulovaná. Pôvodné rozvetvenie toku a jeho divočenie, zároveň presúvanie hlavného koryta v dunajských náplavách po takmer každej väčšej povodni skončilo začatím regulačných prác a stavaním hrádzí na toku cca v 18. storočí.
Dunaj so svojimi prítokmi odvádza vodu z 96 % územia Slovenska. Medzi najvýznamnejšie prítoky na území Slovenska patria okrem už spomínanej Moravy rieky Váh, Hron a Ipeľ. Z nášho územia odvádzajú vodu do Dunaja, ale ústia do Tisy toky Bodrog, a cez Slanú aj Hornád a Bodva. Dĺžku vodných tokov ako aj plochy ich povodí obsahuje Tab. 1.

Tab. 1 Väčšie prítoky Dunaja z územia Slovenska

Prítoky Dunaja	**Plocha povodia [km^2]**	**Dĺžka toku [km]**
Morava *	2282	108,0
Váh	18769	407,4
Hron	5465	278,5
Ipeľ	3649	212,0
Slaná *	3217	92,5
Bodva *	858	48,8
Bodrog *	7272	15
Hornád *	4414	178,8

* plocha povodia a dĺžka toku na území SR

Priamo na hlavnom toku Dunaja monitoruje hydrologický režim šestnásť vodomerných staníc, z čoho v siedmich sa vyčísľujú aj prietoky. Sú to Devín, Bratislava, Medveďov, Dobrohošť, Komárno, Iža a Štúrovo. Ich základné charakteristiky sú v Tab. 2. Vodomerná stanica v Bratislave je najstaršou fungujúcou vodomernou stanicou na Slovensku. Bola založená v roku 1876 spolu s ďalšími tromi na Váhu (Trenčín, Sereď, Trnovec nad Váhom). Prietoky sa vyčísľujú od roku 1901. Prietoky za obdobie 1891 – 1900 doplnil Dulovič (rukopis 1998, 1999) a kolektív Pekárová, Pacl, Škoda, Miklánek na základe údajov dostupných z viedenskej vodomernej stanice na Dunaji doplnili tento prietokový rad od roku 1876 do 1890 (Pekárová, 2007).

Tab. 2 Zoznam vodomerných staníc na Dunaji v SR a pozorované veličiny

					Pozorované veličiny od roku			
DB č.	Stanica	Tok	Staničenie **[rkm]**	Plocha povodia **[km^2]**	Vodný stav	Prietok	Teplota vody	Plaveniny
5127	Bratislava – Devín	Dunaj	1879,80	131244,0	1926	1990	1993	
5140	Bratislava	Dunaj	1868,75	131331,10	1876	1901	1925	1992
5145	Medveďov – most	Dunaj	1806,30	132168,00	1925	1979	1971	1992
5153	Dobrohošť	Dunaj	1838,5	131515,0	1996	1996	2005	
6849	Komárno –	Dunaj	1767,8	151954,68	1996	1996	1996	1996

	most							
6860	Iža	Dunaj	1763,96	171624,13	1930	1985	1987	
6880	Štúrovo	Dunaj	1718,60	173013,83	1934	2004	1974	

Júnová povodeň z hľadiska režimovej hydrológie

Počas povodňových situácií je dostupnosť aktuálnych informácií o vodných stavoch a prietokoch kľúčovým faktorom pre závažné rozhodnutia pri protipovodňovej ochrane. V období povodní často zároveň dochádza k výrazným zmenám vo vodomerných profiloch, a preto je práca hydrológov nevyhnutná aj v teréne na monitorovanie týchto zmien, ale hlavne na priame zameranie prietokov, pretože každá takáto povodňová situácia je z pohľadu získania informácií jedinečná a mnohokrát neopakovateľná.
Počas extrémne vysokých vodných stavov a prietokov je potrebné získať čo najväčšie množstvo kvalitných priamo zameraných údajov, čo kvalitatívne výrazne ovplyvňuje operatívne vyhodnocovanie nameraných údajov pre kalibrácie alebo overovanie merných kriviek nevyhnutných pre vyčísľovanie prietokov. Takto získané údaje sú nevyhnutným vstupom aj hydrologické predpovede a pre hydrologické modely. Priame merania zároveň pomáhajú počas povodňových situácií skvalitniť a urýchliť operatívne rozhodnutia na opatrenia pri ochrane majetku a ľudských životov.

Z hľadiska režimovej hydrológie by sme mohli práce na povodni 2013 rozdeliť na 3 etapy:

1. zabezpečovacie práce okolo vodomerných staníc a meracích prístrojov,
2. priame merania prietokov, terénny prieskum
3. zhodnotenie povodne

1. Etapa

Pri extrémnych povodňových situáciách sú vodomerné stanice vystavené extrémnym podmienkam a preto je dôležité práve v tomto čase vykonať maximálne úsilie na udržanie monitorovacích prístrojov v prevádzke. Prípadný výpadok stanice znamená stratu údajov potrebných pre operatívne rozhodnutia (hydrologické predpovede) a sťažuje aj dodatočné zhodnotenie priebehu a parametrov povodne. Nakoľko sa koncom mája 2013 kedy sa začala vyvíjať mimoriadna situácia na Dunaji s pravdepodobnosťou veľkosti povodne 2002, bolo potrebné zabezpečenie vodomerných staníc. Okrem fyzickej kontroly funkčnosti vodomerných staníc bola urobená výmena a záloha batérii meracích prístrojov ako aj ich premiestnenie do najvyšších miest vodomerných staníc. Pri povodni v júni 2013 je ako pozitívum potrebné vyzdvihnúť fakt, že všetky vodomerné stanice, v ktorých SHMÚ vyčísľuje prietoky, nápor povodne vydržali a zaznamenali spoľahlivo priebehy hladín. Niektoré z vodomerných staníc, ktoré registrujú len výšku hladiny, neboli osadené dostatočne vysoko a prístroje boli zaplavené (znefunkčnenie vodomernej stanice Sap-Dunaj), ale napr. vo vodomernej stanici Gabčíkovo kde taktiež prišlo k zaplaveniu okrem malého výpadku merala aj po zaplavení. Poškodené boli tieto vodomerné stanice:

- Devínska nová Ves – Morava (*potrebná stanica pri hodnotení povodne)
- Gabčíkovo – staré. koryto Dunaja
- Sap – Dunaj

Na základe tohto poznatku považujeme za potrebné prebudovať vodomerné stanice v Devíne, Komárne a v Štúrove, aby sme predišli možným problémom pri prípadných vyšších hladinách v budúcnosti.

2. Etapa

Júnová povodeň 2013 je prvou extrémnou povodňou na Dunaji, pri ktorej neboli priame merania prietoku realizované hydrometrickým krídlom, ale ultrazvukovým prístrojom ADP. Merania počas povodní na Dunaji boli v minulosti vykonávané hydrometrickou vrtuľou na závese so 100 kg

torpédom, čo bolo veľmi namáhavé a zdĺhavé, či už z hľadiska presunu zariadenia, alebo samotného merania (napr. trvanie jedného merania Nový most počas povodne august 2002 bol cca 7 hodín). Ak si predstavíme šírku merného profilu vo vodomernej stanici (napr. v Bratislave bola počas kulminácie jún 2013 B=355 m, v Štúrove 542 m), išlo o časovo a fyzicky veľmi náročné meranie (Obr.č.1.).



Obr. 1 Ukážka priameho merania prietoku hydromerickou vrtuľou na závese

Od roku 2006, kedy SHMÚ zakúpilo prvý ultrazvukový prístroj na priame meranie prietoku prebiehajú porovnávacie merania pomocou prístroja ADP verzus merania s hydrometrickou vrtuľou, ako aj porovnanie výsledkov meraní prístrojom ADP s výsledkami meraní ADP iných krajín počas spoločných hraničných tokoch.

Priame meranie prietoku pomocou ultrazvukového prístroja má niekoľko výhod. Najväčšími výhodami sú skrátenie doby merania, priebežné vyhodnocovanie parametrov merania a okamžité vyhodnotenie jednotlivých meraní. Výrazné skrátenie doby merania a okamžité vyhodnotenie umožňuje vykonať niekoľko meraní za sebou čo zvyšuje spoľahlivosť vyhodnotenia meraní. Ďalšou výhodou je nízka hmotnosť meracieho zariadenia. Prax, ale ukázala, že nízka hmotnosť prístroja pri pramom meraní a vysokých rýchlostiach toku aké mala júnová povodeň môže byť aj nevýhodou. Pri meraní z Nového mosta v Bratislave počas kulminácie 6.6. 2013, kedy boli v profile maximálne bodové rýchlosti až 5 m^3/s^{-1} a tok so sebou niesol veľké množstvo splavenín, musel byť pristroj zaťažený závažiami, nakoľko inak dochádzalo pri turbulentnom prúdení k nedostatočnému kontaktu prístroja s hladinou vody (hmotnosť prístroja je cca 10 kg). Prístroj bol tiež istený niekoľkými lanami, aby nedošlo k jeho odtrhnutiu a strate.



Obr. 2 Ukážka priameho merania prietoku ultrazvukovým prístrojom ADP

Priame merania prietoku počas povodne

Postup povodňovej vlny na Dunaji merali pracovníci povrchových vôd na SHMÚ od Devína až po Štúrovo. Prietok sa meral ultrazvukovým prístrojom ADP. Pri priamom meraní z Mosta SNP (Nový most) v Bratislave, kde boli zamerané bodové rýchlosti vody väčšie ako 5 $m.s^{-1}$, došlo hneď 4. 6. 2013 k strhnutiu prístroja ADP silným prúdením pod hladinu a len okamžitou reakciou a veľkým úsilím pracovníkov sa podarilo prístroj vytiahnuť a zachrániť. SHMÚ má v súčasnosti jediný prístroj ADP merajúci až do hĺbky 40 m a preto bolo potrebné merať s veľkou opatrnosťou a rešpektom pred silou rozvodneného Dunaja. Pri poškodení alebo znefunkčnení prístroja by sa hydrológovia museli vrátiť opäť k meraniam hydrometrickou vrtuľou na závese, čo by značne časovo, ale aj prácnosťou predĺžilo každé jedno meranie; nebolo by teda možné vykonať taký počet meraní ako prístrojom ADP. Počas júnovej povodne 2013 na Dunaji sa podarilo vykonať viac ako 150 priamych meračiek prietoku vo vodomerných staniciach na Dunaji, jeho prítokoch a priepustoch z ktorých sa vyhodnotilo 61 meraní.

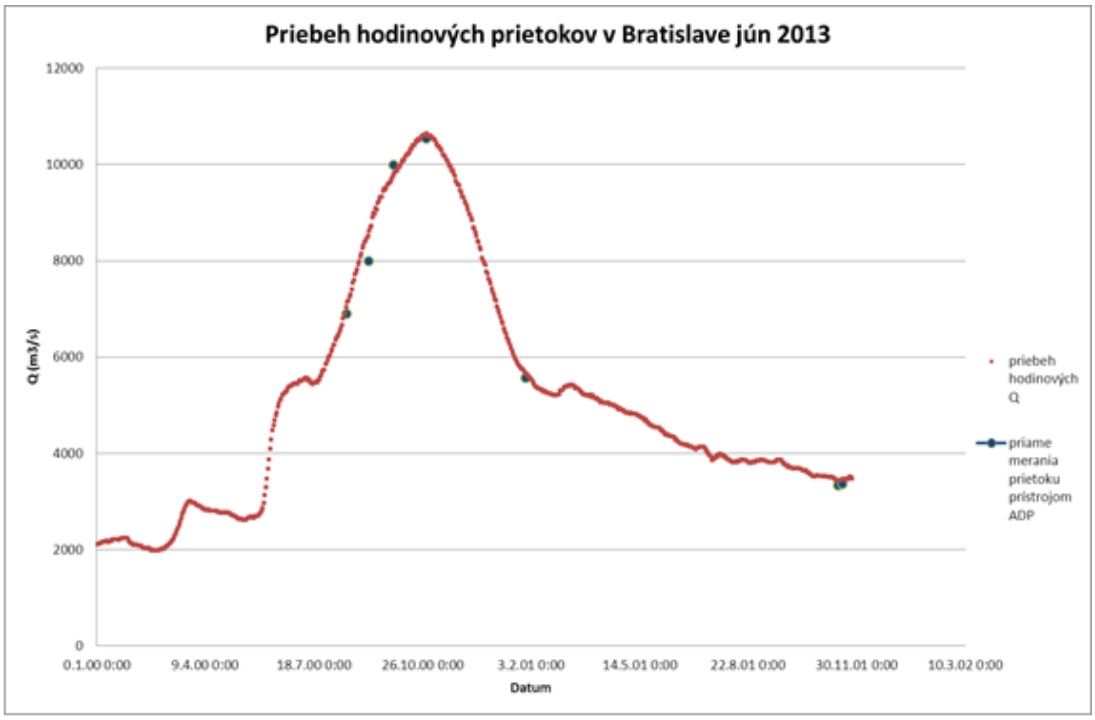
Prehľad počtu vyhodnotených meraní je v nasledujúcom prehľade:

Tab. 3 Počet priamych meraní prietoku počas povodne v jednotlivých profiloch

Bratislava-Devín – Dunaj	7
Medveďov – hlavný tok Dunaja	7
Medveďov – slovenský priepust	7
Medveďov – maďarský priepust č. 1	7
Medveďov – maďarský priepust č. 2	7
Medveďov – maďarský priepust č. 3	7
Komárno – Dunaj	3
Komárno – Váh	3
Iža – Dunaj	3
Štúrovo – Dunaj	5
Estergom – Kiss Duna	5

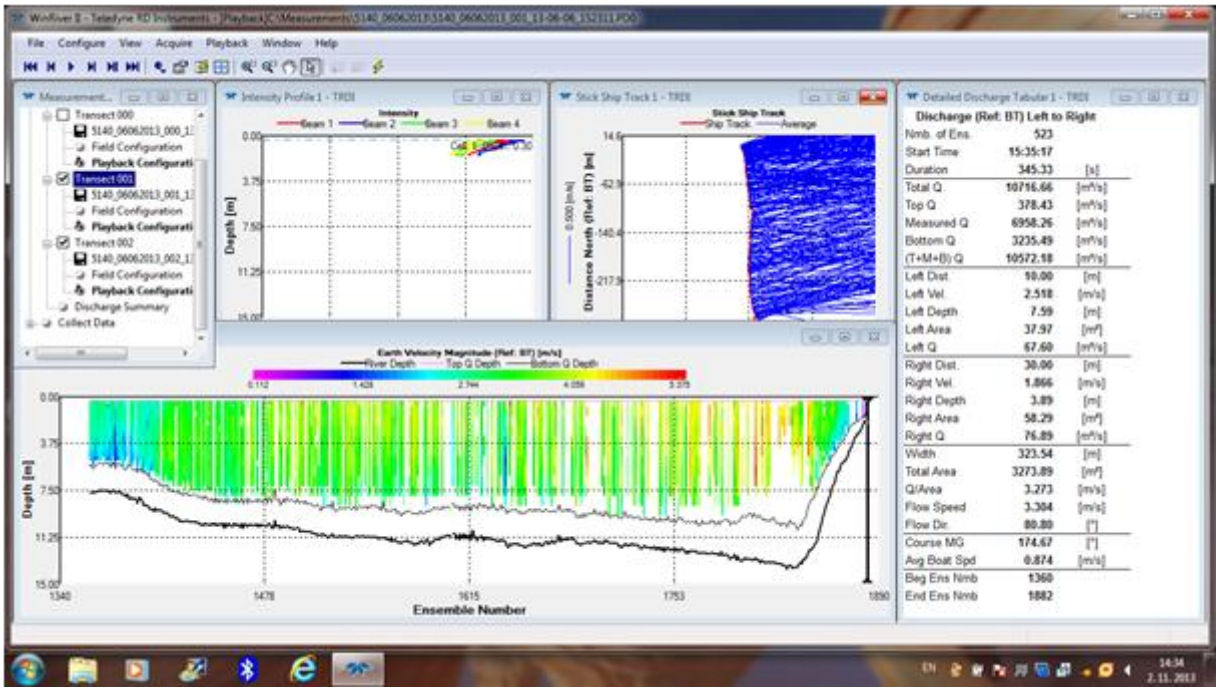
Vodomerná stanica Dunaj - Bratislava

V Bratislave bolo vykonaných 7 priamych meraní prietoku (pozri obr. 3).



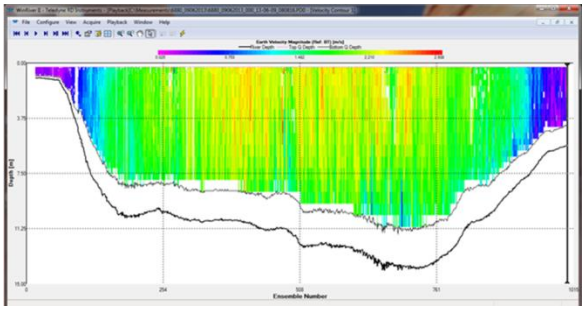
Obr. 3 Priebeh hodinových prietokov v Bratislave jún 2013 a priame merania prietoku počas tejto povodne

Dňa 6.6.2013 v Bratilave - Nový Most boli v popoludňajších hodinách s cieľom zamerať kulminačný prietok vykonané 3 merania bezprostredne za sebou. Vyhodnotením týchto meraní bol stanovený okamžitý prietok 10.540 $m^3.s^{-1}$(kulminácia 16:30 hod, Q=10.640 $m^3.s^{-1}$). Šírka profilu pri tomto meraní bola 355 m, max. hĺbka 13,68 m, priemerná rýchlosť 3,28 $m.s^{-1}$.

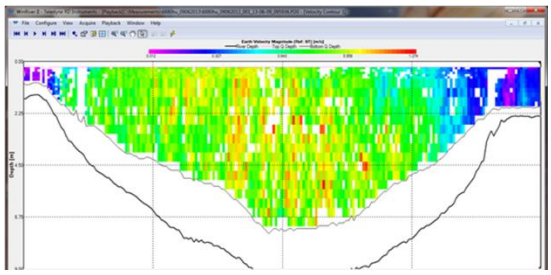


Obr. 4 Ukážka výstupu priameho merania prietoku ultrazvukovým prístrojom ADP, Dunaj-Bratislava

Vo vodomernej stanici Štúrovo bolo vykonaných 6 priamych meraní prietoku. Pri meraní v tejto vodomernej stanici bolo potrebné okrem hlavného toku Dunaj merať nielen obtokový kanál KissDuna, ale aj vybreženú vodu, ktorá zaliala časť Ostrihomu,. nakoľko Ostrihom nemá protipovodnovú ochranu. V Štúrove povodňová vlna kulminovala 9.6. 2013 o 3:30 hod pri vodnom stave 812 cm a kulminačnom prietoku 9488 $m^3.s^{-1}$. V tento deň sa pracovníkom hydrologickej služby SHMÚ podarilo zamerať ráno o 8:15 hod pri stave 811 cm prietok 9477 $m^3.s^{-1}$, pričom hlavným tokom tieklo 9244 $m^3.s^{-1}$ a kanalom KissDuna 233 $m^3.s^{-1}$.

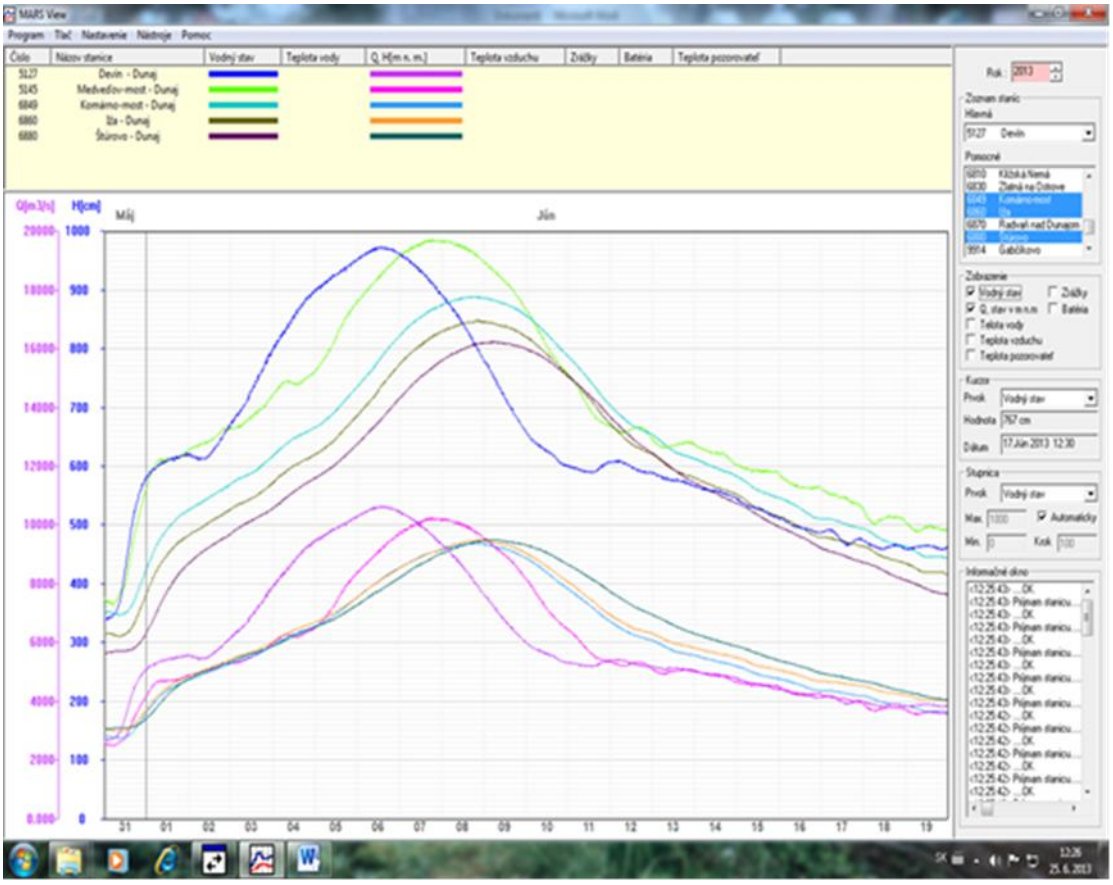


Obr. 5 Ukážka výstupu priameho merania prietoku ultrazvukovým prístrojom ADP, Štúrovo

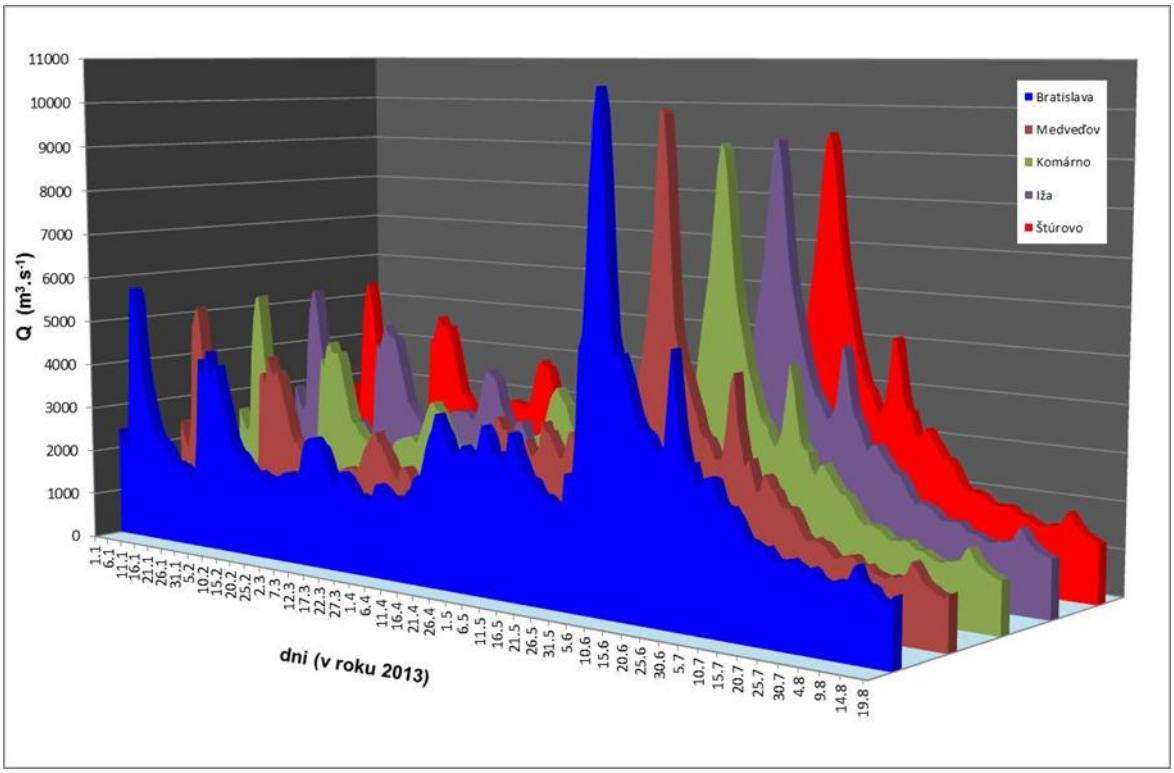


Obr. 6 Ukážka výstupu priameho merania prietoku ultrazvukovým prístrojom ADP, KissDuna

Na nasledujúcich obrázkoch uvádzame priebeh júnovej povodne 2013 vo vodomerných staniciach Devín, Medveďov, Komárno, Iža, Štúrovo – na obrázku 7 je ukážka výstupu zo základného spracovania; na obrázku 8 je na priestorovom grafe znázornená transformácia kulminačného prietoku po toku.



Obr.č.7 Priebeh hodinových prietokov a stavov vo vodomerných staniciach, jún 2013



Obr. 8 Priebeh prietokov vo vodomerných staniciach na Dunaji na Slovensku

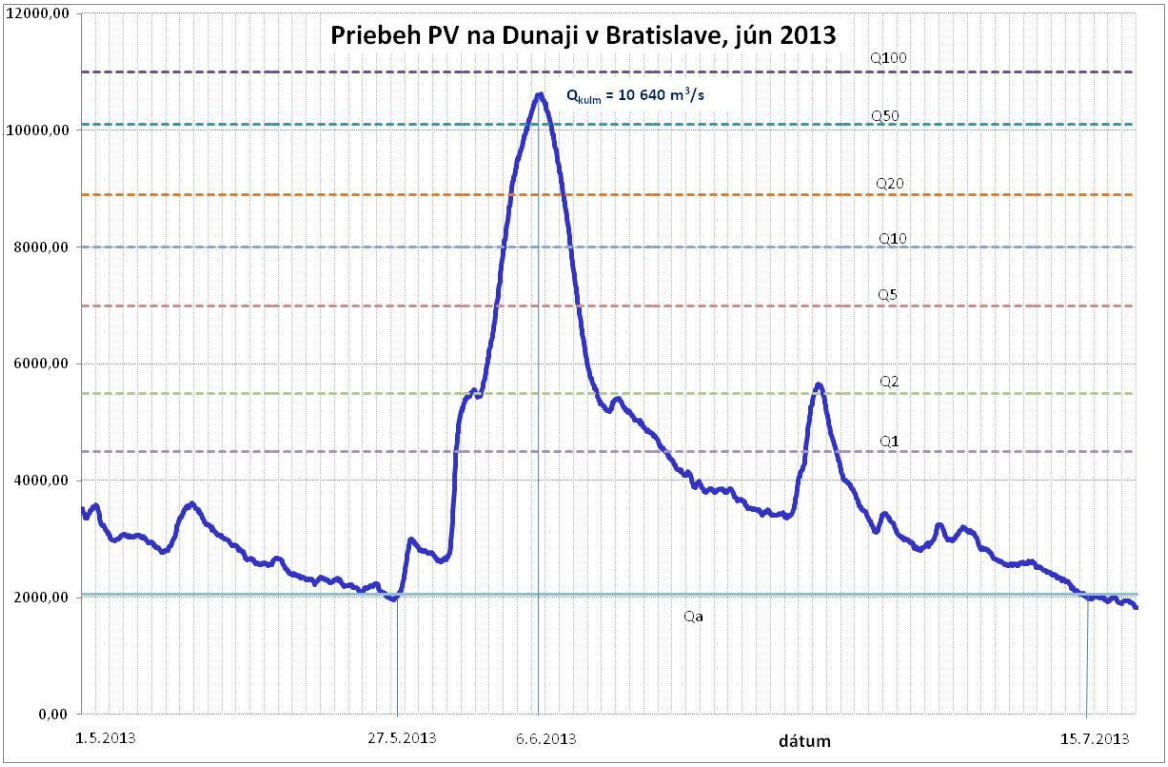
3. Etapa

Vyhodnotenie povodne vychádza z údajov o vodných stavoch v hodinovom kroku, zaznamenaných vo vodomernej stanici. Do spracovania vstupujú aj hodnoty mernej krivky, aktualizovanej na základe výsledkov priamych meraní prietokov a hodnoty zameraných prietokov, Súčasťou vyhodnotenia je aj bilancia prietokov po toku.

Vo vodomernej stanici Bratislava – Dunaj, bol uvedeným spôsobom vyhodnotený priebeh prietokov (obr. 9): Kulminácia prietoku nastala dňa 6. júna 2013 o 16,30 hod (SELČ), stanovená hodnota 10 640 $m^3.s^{-1}$ zodpovedá hodnote návrhového maximálneho prietoku s dobou opakovania 50 až 100 rokov. Vzostupná časť povodňovej vlny (od prekročenia hodnoty dlhodobého priemerného prietoku Q_a (2061 $m^3.s^{-1}$) 27. mája 2013 po kulmináciu trvala 11 dní, klesajúca vetva (do poklesu na hodnotu Q_a, 15. júla 2013) trvala 39 dní.

Objem povodňovej vlny, počítaný nad hodnotou Q_a, za toto obdobie (50 dní) je 9,884 mld m^3 vody. Celkový objem vody, ktorý počas povodne pretiekol bratislavským profilom Dunaja je 18,609 mld m3 vody.

Porovnaním priebehu prietokovej povodňovej vlny s hodnotami návrhových N-ročných prietokov môžeme konštatovať, že prietok vyšší ako Q_{50} sa vo vodomernej stanici Bratislava – Dunaj vyskytoval počas 40 hodín (1,7 dňa), viac ako 20-ročný prietok trval 3,7 dňa, prietok vyšší ako Q_{10} trval takmer 5 dní (4,7) a viac ako 5-očný prietok sa vyskytoval necelých 6 dní (5,8).



Obr. 9 Priebeh prietokov počas povodne v r. 2013 vo vodomernej stanici Bratislava - Dunaj

V Tab. 4 uvádzame prehľad kulminačných vodných stavov, prietokov a ich dosiahnutú N-ročnosť v júni 2013 vo všetkých vodomerných staniciach na Dunaji, v ktorých sa vyhodnocujú prietoky.

Tab. 4

Vodomerná stanica	Vodný stav [cm]	Prietok [$m^3.s^{-1}$]	Dátum/čas	N-ročnosť
Devín	974	10640	6.6.2013/ 15:00 hod	50-100
Bratislava	1034	10641	6.6.2013/ 16:30 hod	50-100
Medveďov	986	10240	7.6.2013/17:45 hod	>100
Komárno (nad ústím Váhu)	889	9378	8.6.2013/16:30 hod	100
Iža (pod ústím Váhu)	848	9497	8.6.2013/19:15 hod	>100
Štúrovo	812	9488	9.6.2013/3:30 hod	>100

Záver

Čo znamenala povodeň 2013 z pohľadu režimovej hydrológie? Veľkým úspechom je priame zameranie dosiaľ najväčšieho prietoku v Bratislave (10 540 m^3/s^{-1}), v Medveďove (9817 m/s^{-1}), Komárno – most (9358 $m^3.s^{-1}$), Štúrovo (9477 m^3/s^{-1}). Nakoľko presun a manipulácia s prístrojom ADP je podstatne jednoduchšia ako pri priamom meraní hydrometrickou vrtuľou na závese s ťažkým torpédom, a preto aj samotné meranie prebieha rýchlejšie, bolo vykonaných výrazne viac priamych meraní ako v minulosti. Väčšie množstvo priamych meraní znamenalo kvalitatívne lepší podklad pre hydrologické predpovede, ale majú aj veľkú hodnotu pre režimové zhodnotenie povodne, jej priebehu. Zhodnotením tejto povodne z pohľadu režimovej hydrológie chceme prispieť k ešte lepšiemu poznaniu režimu povodní na Dunaji, ktoré je nevyhnutné pre nastavovanie protipovodňových opatrení, ale i zanechať informácie pre budúce generácie, ktoré aj im pomôžu zvládnuť povodňové situácie ako aj zmierňovať následky dunajských povodní. Dunaj v júni 2013 pohrozil, varoval, ale človekom vybudované ochranné opatrenia rešpektoval, a tak zložil poklonu múdrosti našich predkov ako aj našim odborníkom zo súčasnosti.

Literatúra

DANÁČOVÁ, Z., BLAŠKOVIČOVÁ, L., ŠKODA, P., TAUSBERIK, O., 2013. Povodeň na Dunaji z pohľadu režimovej hydrológie, Vodohospodársky spravodajca 7-8, ročník 56

MELOVÁ, K., ŠIMOR, V., ĽUPTÁK, Ľ., BUCHA, B., 2013. ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA POVODIA DUNAJA., Deň Dunaja, odborný seminár. ISBN 978-80-88907-83-1.

PEKÁROVÁ, P., MIKLÁNEK, P., PEKÁR, J., MELO, M. 2012. Povodeň na Dunaji v roku 1895 Časť II.: V archívnych údajoch In: Acta Hydrologica Slovaca Ročník 13, č. 2, 2012, s. 280 – 288. ISSN 1335-6291

PEKÁROVÁ, P., PACL, J., ŠKODA, P., MIKLÁNEK, P. 2007. Doplnenie priemerných denných prietokov Dunaja v Bratislave za historické 1876–1890. In: Acta Hydrologica Slovaca Ročník 8, č. 1, 2007, s. 3 -11. ISSN 1335-6291

MIESTO JÚNOVEJ POVODNE 2013 NA DUNAJI V BRATISLAVE

The position of the flood in July 2013 on Danube River in Bratislava

Poórová J., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, jana.poorova@shmu.sk
Šimor V., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, viliam.simor@shmu.sk
Danáčová Z., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, zuzana.danacova@shmu.sk
Škoda P., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, peter.skoda@shmu.sk
Blaškovičová L., Slovenský hydromet. ústav, Bratislava, lotta.blaskovicova@shmu.sk

Abstract

The flood represents an extreme phenomenon of hydrological regime, which can cause the damage in the natural environment. The origin and the character of floods are a subject of the climatic conditions; they are the result of the atmospheric processes in a certain geographic environment. Therefore it is necessary to observe and evaluate the flood situations, so that on the basis of the knowledge of them or by analysis of certain flood events, the measures can be taken to help the situations to be foreseen or at least to mitigate the negative consequences of it. This is as well the goal of this paper about assessment of the flood on Danube River in June 2013 and its place in flood history at Slovak reach of the Danube River.

Abstrakt

Povodeň je extrémny jav hydrologického režimu, ktorý môže spôsobiť škody v prírodnom prostredí. Vznik a charakter povodní je podmienený klimatickými podmienkami, sú výsledkom atmosférických procesov v určitom geografickom prostredí. Preto je nevyhnutné povodňové situácie sledovať, vyhodnocovať, aby na základe ich poznania resp. rozboru konkrétnych povodňových situácií sa mohli hľadať a následne prijímať opatrenia, ktoré pomôžu tieto situácie predvídať, alebo aspoň zmierniť ich nepriaznivé dôsledky. To je aj cieľom príspevku o zhodnotení povodne na Dunaji v júni 2013 a jej miesta v histórii povodní na slovenskom úseku Dunaja.

Kľúčové slová: Povodeň, maximálny kulminačný prietok, N – ročné maximálne prietoky, trendy maximálnych kulminačných prietokov

Keywords:

Flood, maximum peak flow, T-year maximum discharge, trend maximum peak flow

Úvod

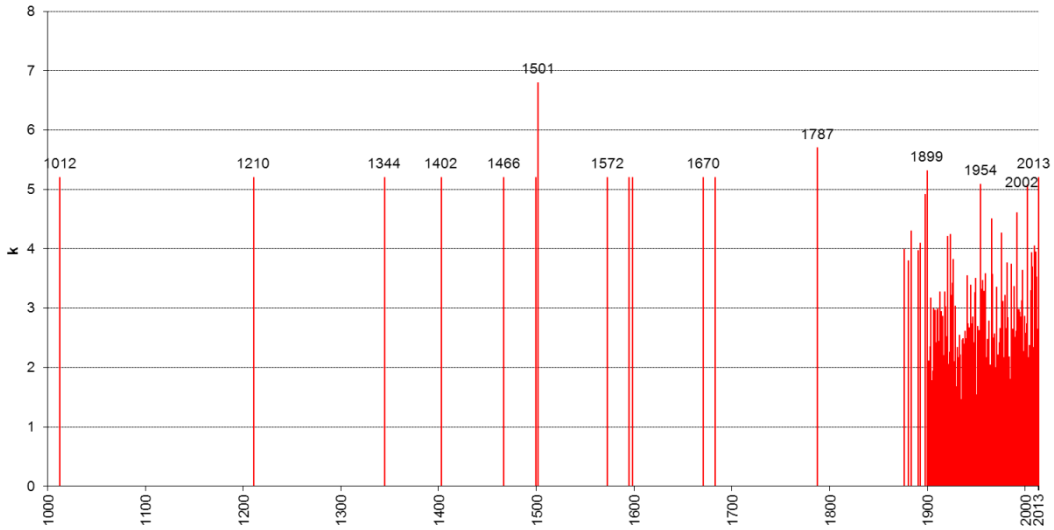
Všetky významné povodne na našom úseku Dunaja majú pôvod v alpských prítokoch Dunaja v Nemecku a Rakúsku. Najstaršie písomné záznamy o povodni na Dunaji sú z roku 1012. Ďalej sú známe povodne z rokov 1210, 1344, 1402, 1466, 1499, ktorých parametre sa môžu blížiť k povodniam v rokoch 1899 a 1954. Najväčšia povodeň na Dunaji za posledných 600 rokov bola povodeň v auguste 1501. Túto povodeň dokumentujú povodňové značky, ktoré sa zachovali napríklad na radnici v Passau, alebo v rakúskom Linzi a Ybbse. Na základe zachovaných historických informácií bol odhadnutý prietok v staniciach Linz 12 000 $m^3.s^{-1}$ a Viedeň 14 000 $m^3.s^{-1}$ (Kresser, 1957). Historické povodne z júla 1670, z júna 1682, a z novembra 1787 sú porovnateľné s povodňami z rokov 1899, 1954 a 2002.

Vodomerná stanica Bratislava - Dunaj

V júni 2013 bola vo vodomernej stanici Bratislava – Dunaj zaznamenaná povodňová vlna (PV) mimoriadnej významnosti. Kulminačný prietok sa priblížil až k hodnote návrhového 100-ročného prietoku. Vyhodnotené základné parametre tejto povodňovej vlny sú nasledovné (Danáčová a kol., 2013):

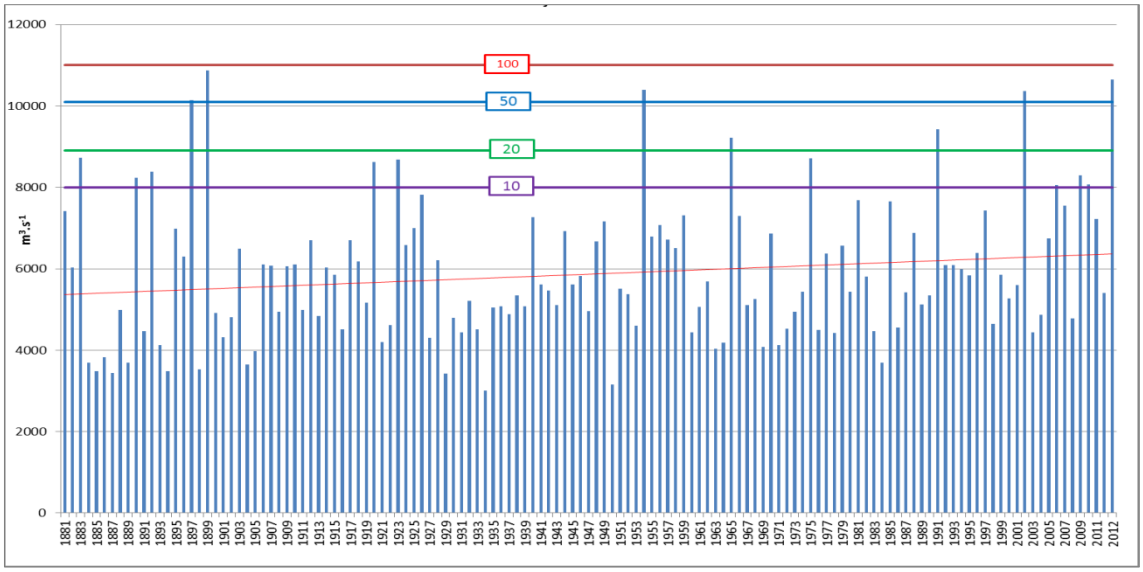
- Dátum kulminácie: 6.6.2013 o 16,30 hod (SELČ)
- Kulminačný vodný stav: 1 034 cm
- Kulminačný prietok: 10 640 $m^3.s^{-1}$
- N-ročnosť dosiahnutého kulminačného prietoku (doba opakovania): 50 – 100 rokov
- Čas vzostupu PV: 11 dní
- Čas poklesu PV: 39 dní
- Objem PV (nad hodnotou Q_a): 9,884 mld m^3
- Celkový objem vody, pretečenej profilom počas PV: 18,609 mld m^3

Aké miesto v histórii povodní na Dunaji mal kulminačný prietok dosiahnutý v roku 2013, ukazuje obrázok č. 1, ktorý znázorňuje rad povodní na Dunaji zaznamenaný od roku 1881, doplnený údajmi o kulminačných prietokoch historických povodní od roku 1012. V grafe sú hodnoty prezentované prostredníctvom štatistickej veličiny tzv. povodňového indexu (pomer maximálneho kulminačného prietoku v danom roku a dlhodobého priemerného prietoku).



Obr. 1. Hodnota povodňového indexu na Dunaji od roku 1012 do roku 2013.

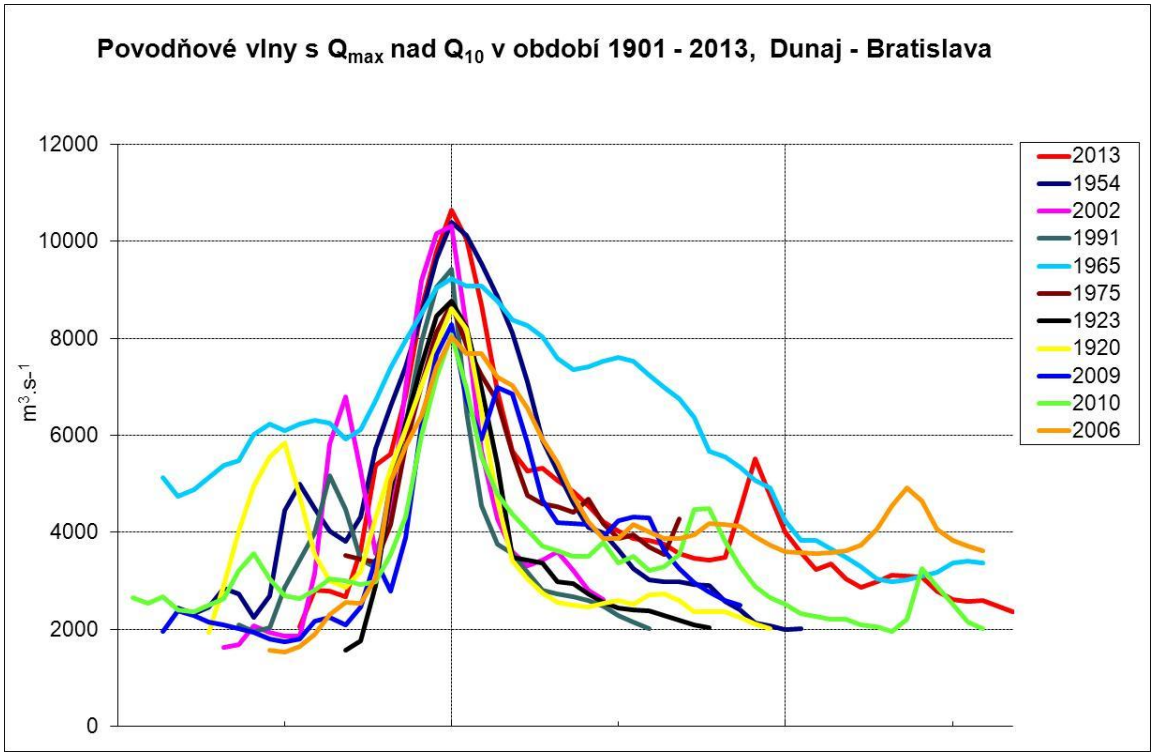
Merania vodných stavov vo vodomernej stanici Bratislava na Dunaji sa začali v roku 1823, ale priemerné denné prietoky sa systematicky vyhodnocujú až od roku 1901. Spätne bol na základe historických údajov a analógiou z iných staníc doplnený rad údajov až od roku 1876 (Pekárová, 2007). Dosiahnuté ročné kulminácie (a ich porovnanie s hodnotami návrhových N-ročných prietokov) od roku 1881 až do súčasnosti znázorňuje obrázok. č. 2. Trend kulminačných údajov vykazuje mierne rastúci trend.



Obr. 2. Maximálne kulminačné prietoky na Dunaji v Bratislave, N – ročné maximálne prietoky a trendová čiara.

Celkovo za obdobie 1881 – 2013 prekročili ročné kulminácie hodnotu prietoku 8000 $m^3.s^{-1}$, čo odpovedá návrhovému prietoku Q_{10} v 16 rokoch, vrátane roku 2013. Vo väčšine týchto prípadov sa povodeň vyskytla v letnom období (jún až september), iba ojedinele sa takéto povodne vyskytli v zimnom období.
Od roku 2000 sa vyskytli až v piatich rokoch vysoké kulminačné prietoky rieky Dunaj presahujúce hodnotu Q_{10} (v roku 2002 až dve (v marci a v auguste), v roku 2006, 2009, 2010 a 2013).

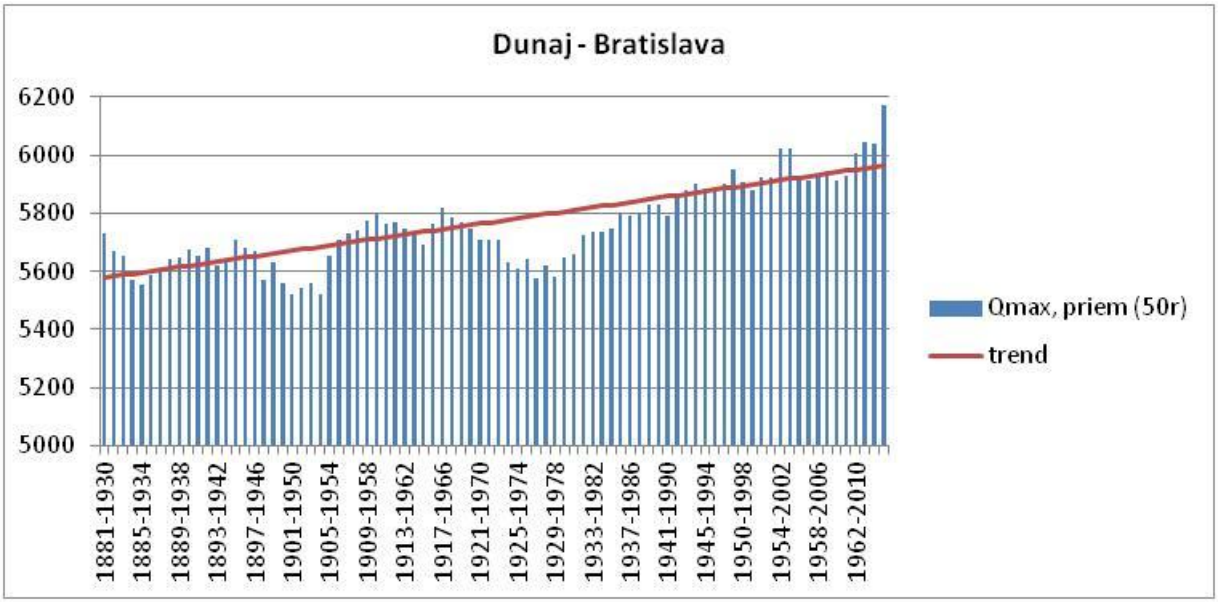
Priebeh povodňovej vlny je pre tento profil typický, čo môžeme vidieť na obr. 3, kde sú zobrazené priebehy povodňových vĺn z obdobia 1901-2013, ktorých ročné kulminačné prietoky presiahli hodnotu Q_{10}.



Obr. 3. Priebehy významných povodňových vĺn na Dunaji v Bratislave z obd. 1901-2013

Pre detailnejšie posúdenie zmien režimu maximálnych prietokov sme použili hodnoty 50 – ročných kĺzavých priemerov ročných kulminačných prietokov (s krokom kĺzania 1 rok). Toto hodnotenie sme použili pri analýze časového radu maximálnych kulminačných prietokov vo vodomernej stanici Bratislava na Dunaji pre roky 1881 až 2013. Najmenšia hodnota 50 - ročného priemeru kulminačných prietokov bola 5519 $m^3.s^{-1}$ (priemer za roky 1904 - 1953) a najväčšia 6174 $m^3.s^{-1}$ (priemer za roky 1965 - 2013), ako je možné vidieť na obrázku č. 4.

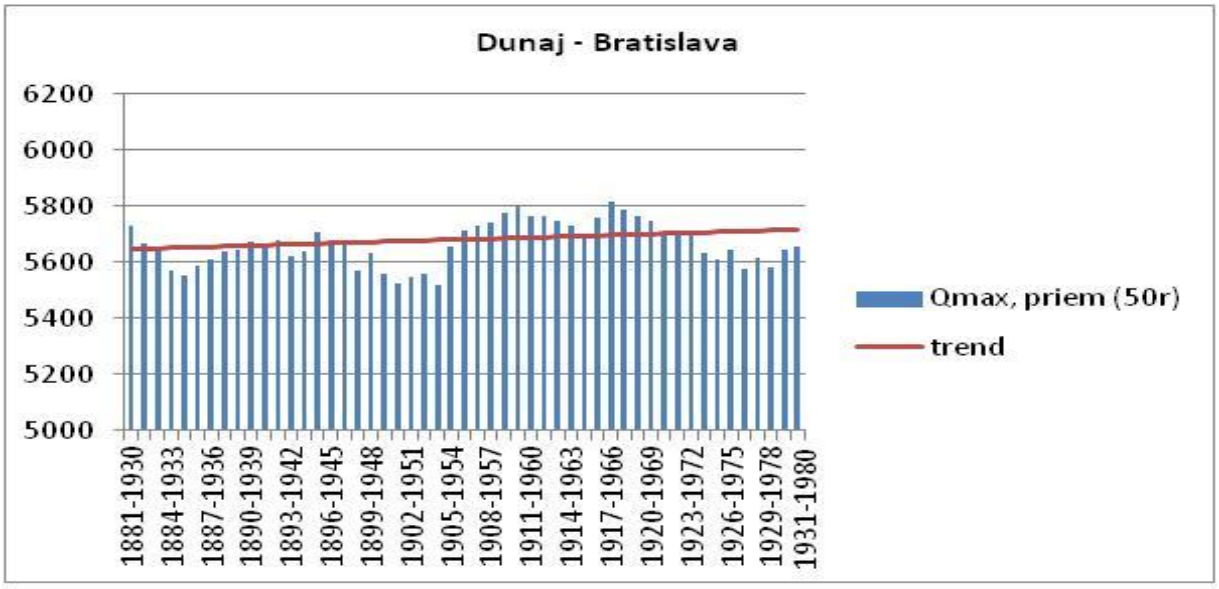
V ďalšom kroku sme tento rad 50-ročných priemerov maximálnych prietokov podrobili trendovej analýze využitím Mann – Kendall testu, ktorý sa používa na detekciu významných trendov v časových radoch (Drápela, Drápelová, 2011), aby sme zistili možné trendy vyskytujúce sa v časovom rade. Pri analýze údajov sme zistili, že v celom období kĺzavých priemerov 50-roční 1881–1930 až 1965-2013 sa vyskytuje stúpajúci trend na 95 % hladine významnosti podľa obrázka č. 4.



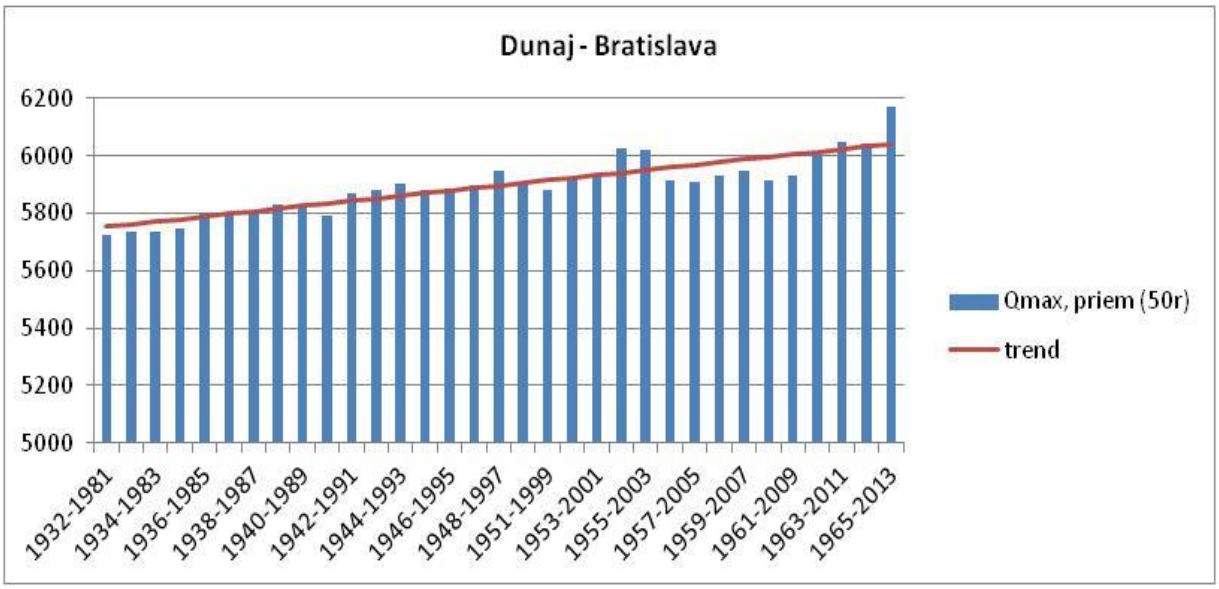
Obr. 4. 50-ročné kĺzavé priemery maximálnych prietokov na Dunaji v Bratislave za obdobie 1881-1930 až 1965-2013.

Pri ďalšej analýze sme rad 50-ročných priemerov maximálnych prietokov rozdelili na 2 časové úseky – od 50-ročia 1881-1930 do 1931-1980 a 1932-1981 až 1965-2013. Prvý úsek vykazuje iba mierne rastúci trend (na hladine 85% významnosti) – obr. 5.

Významnejší trend na hladine 95% významnosti sme zaznamenali v druhom úseku – od r. 1932 do súčasnosti – obr. 6.



Obr. 5. 50-ročné kĺzavé priemery kulminačných prietokov na Dunaji v Bratislave za obdobie 1881-1930 až 1931-1980 a ich trend



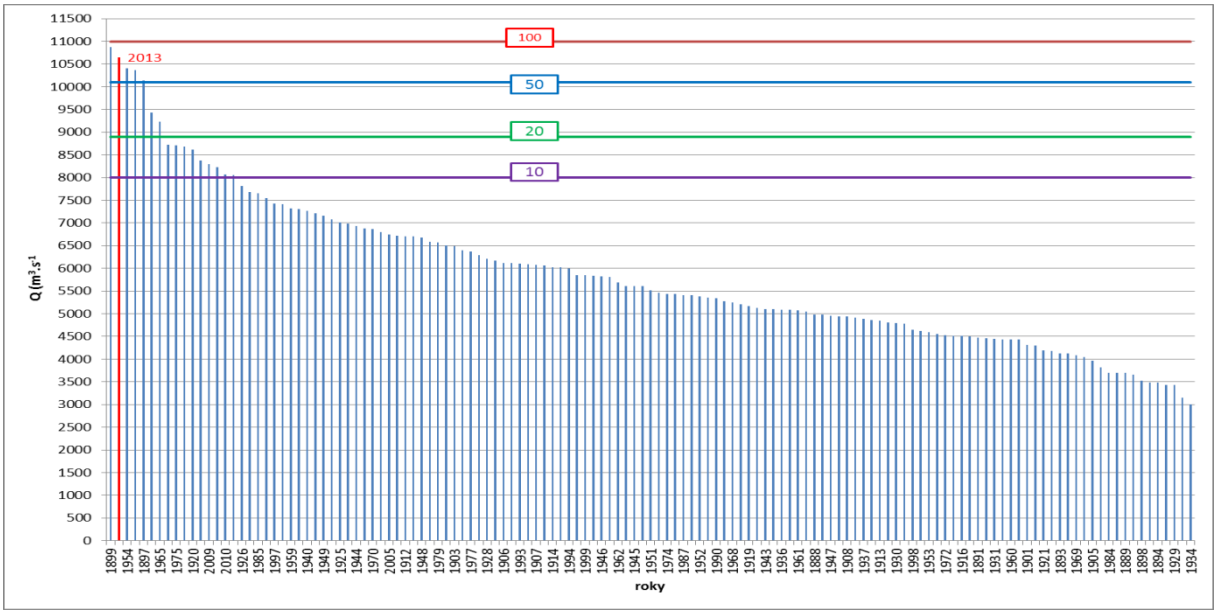
Obr. 6. 50-ročné kĺzavé priemery kulminačných prietokov na Dunaji v Bratislave za obdobie 1932-1981 až 1965-2013 a ich trend

ZÁVER

Dosiahnutá analýza podporuje názory o narastaní kulminačných prietokov v poslednom období, predovšetkým v poslednom desaťročí. Povodeň na Dunaji v júni 2013 možno za 133 rokov systematických pozorovaní a vyhodnocovaní prietokov na slovenskom úseku Dunaja považovať za, čo do kulminácie, druhú najväčšiu. Najväčší kulminačný prietok za toto obdobie bol vyčíslený pre rok 1899, kedy sa uvádza hodnota kulminačného prietoku 10 870 $m^3.s^{-1}$ (obr. č. 7). Ďalšie kulminácie, ktoré tiež presiahli hodnotu prietoku 10 000 $m^3.s^{-1}$ sú z rokov 1954, 2002 a 1897.

Aj v kontexte dlhšieho obdobia môžeme uvedenú povodeň z roku 2013 považovať za extrémnu povodeň. Vyhodnotené údaje o nej majú preto významnú výpovednú hodnotu pre ďalšie posúdenie

hydrologických návrhových charakteristík a podkladov pre návrhy opatrení v budúcnosti. K týmto úvahám nás vedie aj skutočnosť, že rady maximálnych kulminačných prietokov nielen v Bratislave, ale aj v Medveďove a v Komárne (a kolegovia z Rakúska a z Maďarska by potvrdili, že je tomu tak aj na ich úsekoch Dunaja) majú signifikantne rastúci trend. Aj analýza 50 – ročných kĺzavých priemerov maximálnych kulminačných prietokov poukazuje na stúpajúci trend za ostatné desaťročia. Navyše je veľmi pravdepodobné, že po povodniach v roku 2013 dôjde na hornom úseku Dunaja (Nemecko, Rakúsko) k realizácii ďalších protipovodňových opatrení, ktoré môžu spôsobiť zvýšenie kulminačných prietokov povodňových vĺn pritekajúcich do Bratislavy. V strednom úseku slovenskej časti Dunaja (pod vodným dielom Gabčíkovo, od Medveďova po Komárno) dochádza k miernemu prehlbovaniu koryta, čo aj pri uvažovaní s narastajúcim trendom veľkosti kulminačných prietokov môže znamenať zlepšenie podmienok pre prechod veľkej vody v ďalšom období.



Obr. 7 Miesto júnovej povodne z roku 2013 v zotriedenom rade ročných kulminácií od roku 1881, vodomerná stanica Bratislava – Dunaj.

LITERARÚRA

Danáčová, Z., Poórová, J., Tausberik, O., Škoda, P., Blaškovičová, L.: Čo znamenala povodeň v júni 2013 na Dunaji. Bratislava, Konferencia Manažment povodí a povodňových rizík 2013.

Drápela, K., Drápelová I. (2011): Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997–2010. Mendelova univerzita v Brně, ISSN: 1803-2451, p. 133–146.

Horváthová,B.: Povodeň, to nie je len veľká voda. Bratislava: VEDA, vydavateľstvo SAV,2003,232s.

Kresser,W: Die Hochwässer der Donau. Wien: Springer Velag,1957,95 p.

Pekárová, P., Pacl, J., Škoda, P., Miklánek, P. (2007): Doplnenie priemerných denných prietokov Dunaja v Bratislave za historické 1876–1890. In: Acta Hydrologica Slovaca Ročník 8, č. 1, 2007, s. 3 -11. ISSN 1335-6291.

Svoboda,A., Pekárová,P., Škoda,P., Miklánek,P.: Povodne varujú- Životné prostredie ročník 44, číslo 5,2010s 237-241.

Historická povodeň v roku 2013 na Dunaji a jej dôsledok na hladiny podzemných vôd

Kullman, E., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, eugen.kullman@shmu.sk
Gavurník, J., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, jan.gavurnik@shmu.sk
Bodácz, B., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, boris.bodacz@shmu.sk
Paľušová, Z., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, zuzana.palusova@shmu.sk

Abstrakt

V júni 2013 došlo na toku Dunaj k historickej povodni, pri ktorej prietok na Dunaji pri kulminácii dňa 6.6.2013 dosahoval v Bratislave hodnotu 10.540 $m^3.s^{-1}$. Priamy hydraulický súvis povrchových vôd Dunaja a podzemných vôd v oblasti Žitného ostrova spôsobil v období povodňovej vlny výrazný nárast hladín podzemných vôd v danom území. Príspevok na základe nameraných stavov hladín podzemných vôd z objektov štátnej hydrologickej siete podzemných vôd SHMÚ a spracovaných máp zhodnocuje dané územie v období povodňovej vlny z pohľadu dopadu povodne na stav hladiny podzemnej vody a rámcovo analyzuje rozsah území, v ktorých sa hladina podzemnej vody priblížila, resp. dosiahla úroveň terénu.

Kľúčové slová

povodeň, štátna hydrologická sieť podzemných vôd, hladina podzemnej vody, hĺbka hladiny podzemnej vody pod terénom,

1. Úvod

Oblasť alúvia vodného toku Dunaja medzi Bratislavou a Komárnom je vodohospodársky významným územím viazaným na kvartérne sedimenty rieky Dunaja, ktoré sú zastúpené veľkými mocnosťami zvodnených štrkopiesčitých sedimentov s extrémne vysokou priepustnosťou.

Dominantným činiteľom ovplyvňujúcim režim hladiny podzemných vôd v záujmovom území je rieka Dunaj. Hladina podzemnej vody v priľahlom území je v priamej hydraulickej závislosti od prietokov v Dunaji. Rieka Dunaj je tak zdrojom neustáleho doplňania zásob podzemnej vody, ktorá infiltruje do horninového prostredia celoročne, za všetkých vodných stavov na vodnom toku. Oblasť je popretkávaná špecifickou sieťou kanálov. To všetko vytvára optimálne podmienky pre okamžité reakcie podzemných vôd na zmeny prietoku v Dunaji.

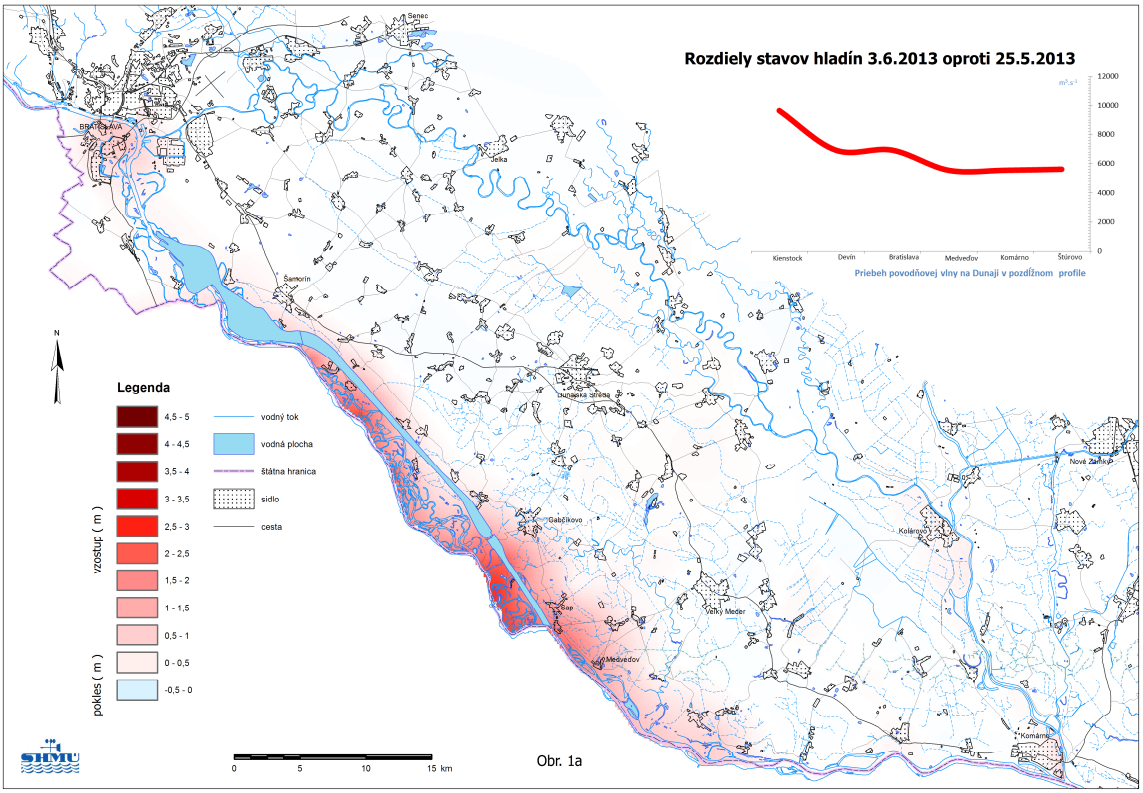
Rozsiahla sieť monitorovacích objektov štátnej hydrologickej siete podzemných vôd SHMÚ v danom území a pre tento účel hodnotenia predpoklad kvázihomogénneho horninového prostredia umožnila spracovať plošné mapové hodnotenie postupu povodňovej vlny a zobraziť jej dopad na hladinový režim podzemných vôd.

2. Vznik povodňovej vlny na Dunaji a jej prejav v podzemných vodách

Tlaková níž nad strednou Európou na prelome mája a júna (30.5.2013 – 2.6.2013) v spojitosti s intenzívnou zrážkovou činnosťou, najmä v alpskej oblasti, spôsobila, že za tieto 4 dni napršalo v nemeckom a rakúskom povodí Dunaja prevažne od 60 do 170 mm zrážok.

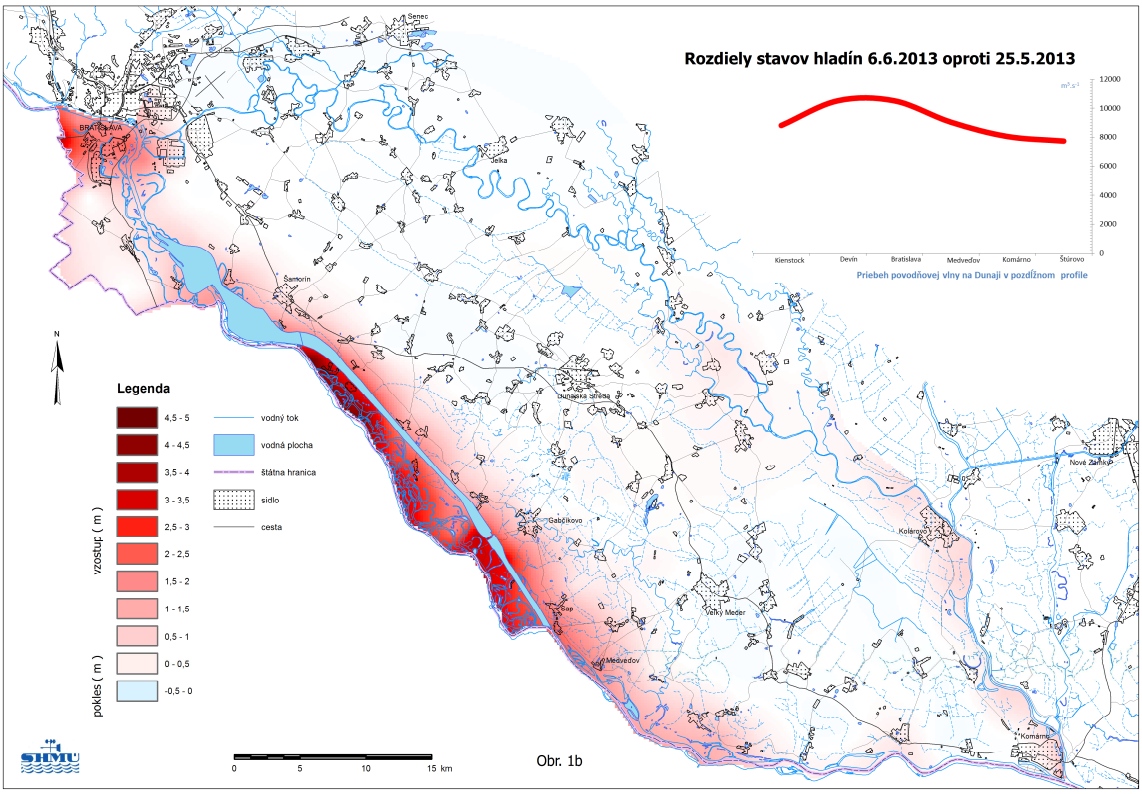
Tieto zrážky vytvorili predpoklad pre výrazný vzostup vodných hladín a vznik povodňovej vlny, ktorá na slovenskom úseku Dunaja kulminovala od 6.6.2013 v Bratislave do 9.6.2013 v Štúrove so zatiaľ najvyššie dokumentovaným prietokom v Bratislave 10.540 $m^3.s^{-1}$.

Za porovnávacie obdobie k hodnoteniu dopadu povodne na hladinový režim podzemných vôd sme si zvolili dátum 25.5.2013, ktorý charakterizuje relatívne ustálené obdobie pred povodňou s nepatrne vyššími nameranými hodnotami oproti dlhodobým priemerným hodnotám. Prvá výraznejšia odozva na zrážky v nemeckom a rakúskom povodí Dunaja na území Slovenska nastala 3.6.2013, čo sa okamžite prejavilo aj na vzostupe podzemných vôd v oblasti Bratislavy na oboch stranách Dunaja do 1 m, v ramennej sústave a popri odpadovom kanáli až po Medveďov až do 2 m (Obr. 1a). Tieto vzostupy sa prejavili do vzdialenosti cca 5 km od toku Dunaja, resp. prívodného a odpadového kanála.

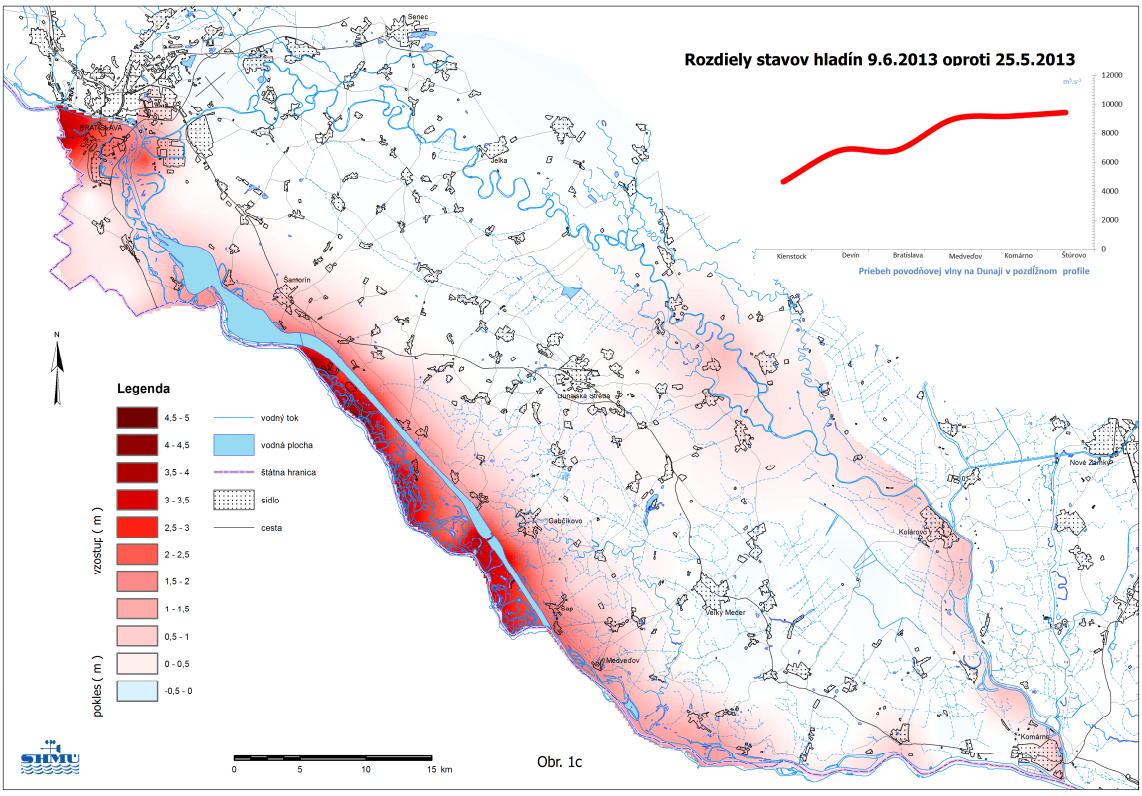


Obr. 1a

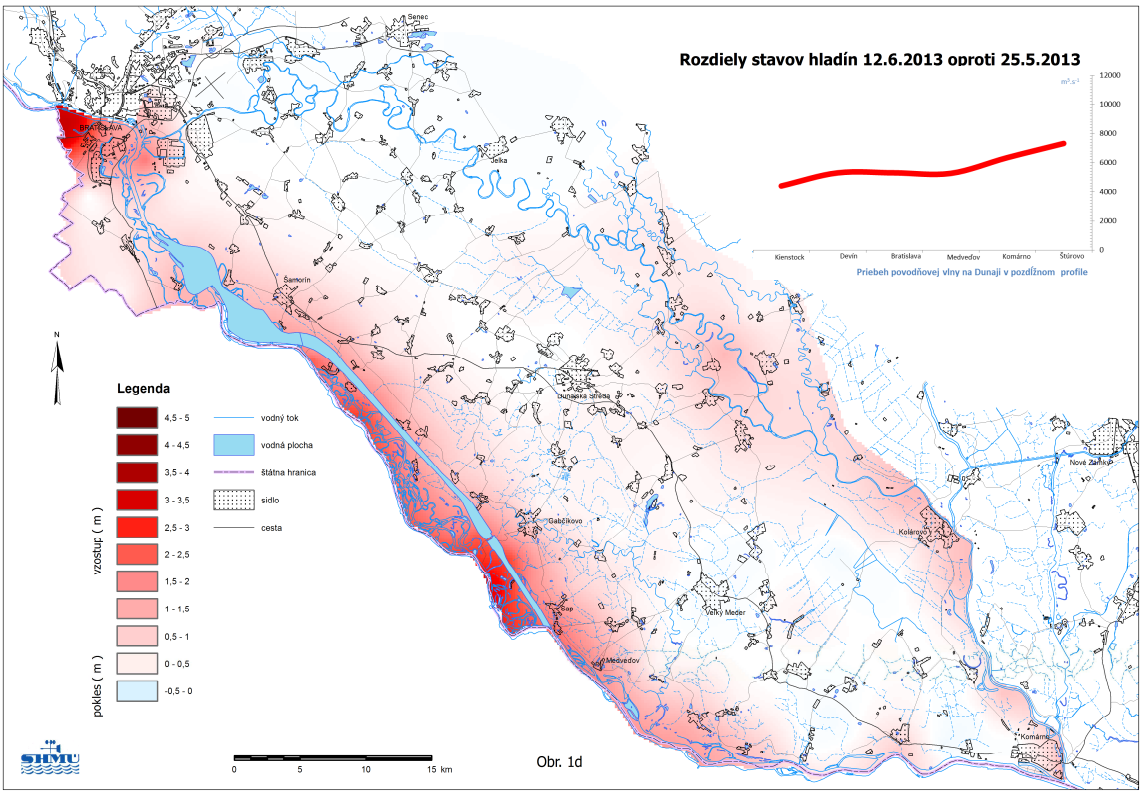
Povodňová vlna pri kulminácii Dunaja v Bratislave dňa 6.6.2013 zasiahla, v podzemných vodách, už celé pravostranné územie Dunaja. V oblasti Petržalky vzostup o 2 až 3 m, na ostatnom území (Jarovce, Rusovce, Čunovo) vzostup prevažne do 1 m. Na Žitnom ostrove (ľavostranné územie Dunaja) vzrástli stavy hladiny podzemnej vody pozdĺž celého toku Dunaja od Bratislavy až po Kližskú Nemú. V ramennej sústave dosiahol vzostup podzemných vôd najväčšie hodnoty, prevažne nárast o 4 až 4,5 m, miestami až takmer 5 m. Vzostupy na ľavej strane prívodného aj odpadového kanála ako aj v úseku Sap – Kližská Nemá dosiahli 1 až 2 m, v úseku Bratislava – Šamorín len 0,5 – 1 m. Územie zasiahnuté vzostupmi hladiny podzemnej vody sa len mierne rozšírilo do vnútrozemia. Na dolnom Žitnom ostrove od sútoku Malého Dunaja a Váhu po Komárno nastal len veľmi mierny vzostup hladiny podzemnej vody cca o 0,5 m (Obr. 1b).



9.6.2013 je deň po kulminácii Dunaja v Komárne. Povodňová vlna postupuje smerom na Štúrovo a v podzemných vodách zasiahla prevažnú časť Žitného ostrova a v oveľa intenzívnejšej forme aj celú pravú stranu Dunaja. V oblasti Petržalky nastal vzostup hladiny podzemnej vody o 2 – 4 m, na ostatnom pravostrannom území Dunaja o 1 – 1,5 m. Na ľavostrannom území Dunaja, v oblasti Bratislavy, dosiahli vzostupy až 2,5 m. V oblasti Bratislava – Šamorín sa zväčšili rozdiely oproti stavu pred povodňou o 0,5 – 1,5 m. V ramennej sústave nastal, oproti stavu podzemných vôd zo 6.6.2013, mierny pokles hladiny podzemnej vody, ale rozdiely oproti predpovodňovej situácii (ku dňu 25.5.2013) dosahujú stále do 4 m. Na ľavej strane prívodného aj odpadového kanála ako aj v úseku Sap – Kližská Nemá sa vzostupy ešte zväčšili a dosahovali 1,5 – 3,5 m. Vzostupy pozdĺž Malého Dunaja od Jahodnej popri sútoku s Váhom až po Komárno dosahovali 0,5 – 1 m. Prejavy povodne sú zreteľné do cca 10 km od toku Dunaja, minimálne prejavy a s tým spojené vzostupy hladiny podzemnej vody vidno v cca 10 – 15 km páse ťahajúcom sa stredom Žitného ostrova od Podunajských Biskupíc až pod Kolárovo. V úseku Kližská Nemá - Komárno je zaznamenaný len nepatrný vzostup hladiny podzemnej vody do 0,5 m (Obr. 1c).

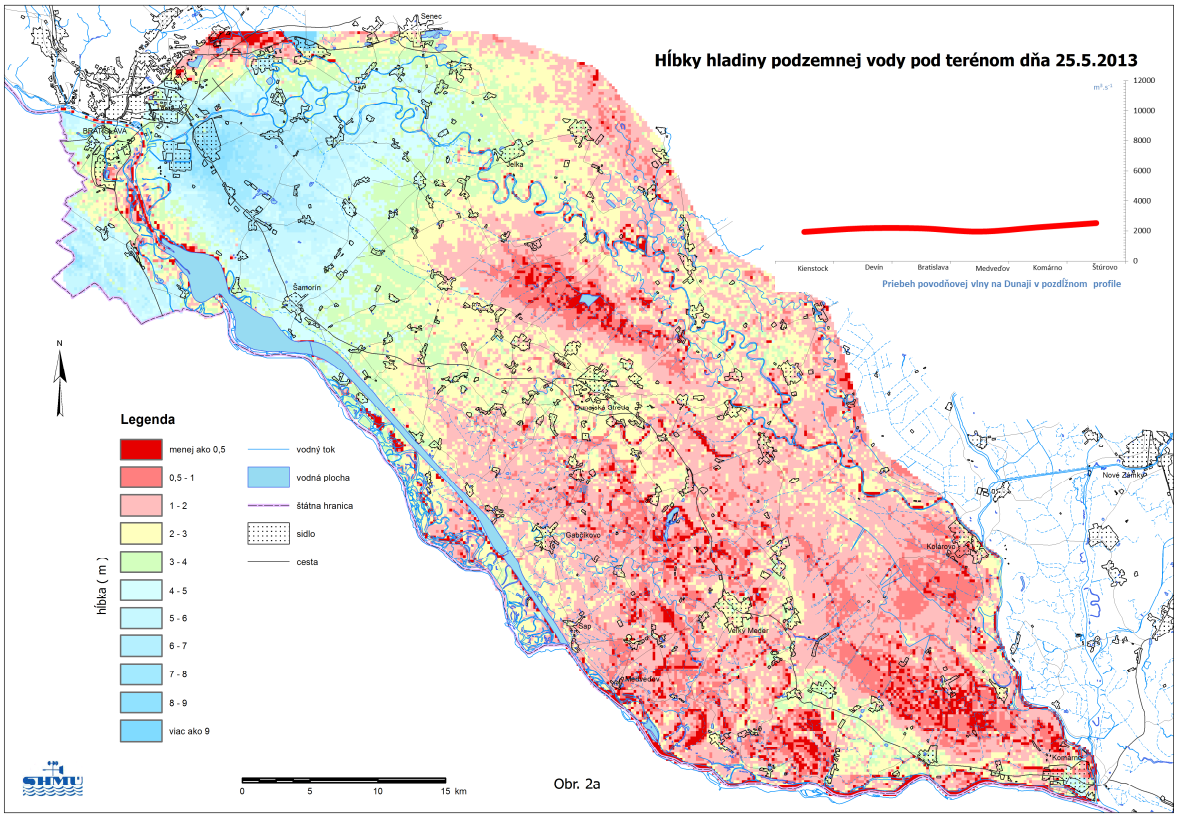


3 dni po kulminácii povodňovej vlny na Dunaji v Štúrove (12.6.2013) zaznamenávame jej postup v podzemných vodách ďalej do vnútrozemia. V oblasti Petržalky pretrvávajú vysoké hladiny podzemnej vody o 2 – 4 m oproti stavu pred povodňou. Na zvyšku pravej strany Dunaja nastal pokles, ale naďalej sú hladiny podzemnej vody vyššie o 0,5 – 1,5 m. Na ľavej strane Dunaja od Bratislavy popri zdrži sú hladiny udržiavané na vyšších úrovniach o 0,5 – 1,5 m. Na hladinách podzemnej vody na hornom Žitnom ostrove sa až teraz prejavil vplyv povodne na Dunaji, pričom hladiny vzrástli o cca 0,2 – 0,3 m. V ramennej sústave pokračuje pokles hladín podzemných vôd, naďalej sú hladiny o 2 – 3 m vyššie ako boli pred povodňou. Aj na ľavej strane prívodného aj odpadového kanála ako aj v úseku Sap – Kližská Nemá tiež poklesli hladiny podzemnej vody. Rozdiely oproti predpovodňovej situácii dosahujú stále do 1 – 2 m. Od Kližskej Nemej po Komárno nenastal výraznejší pohyb v podzemnej vode – vzostup do 0,5 m. Pretrvávajú vysoké hladiny podzemných vôd pozdĺž Malého Dunaja od Jahodnej popri sútoku s Váhom až po Komárno, keď dosahovali o 0,5 – 1 m vyššie stavy ako boli zaznamenané pred povodňou. Vo vnútrozemí Žitného ostrova vzrástli hladiny podzemnej vody o 0,2 – 0,3 m (Obr. 1d).



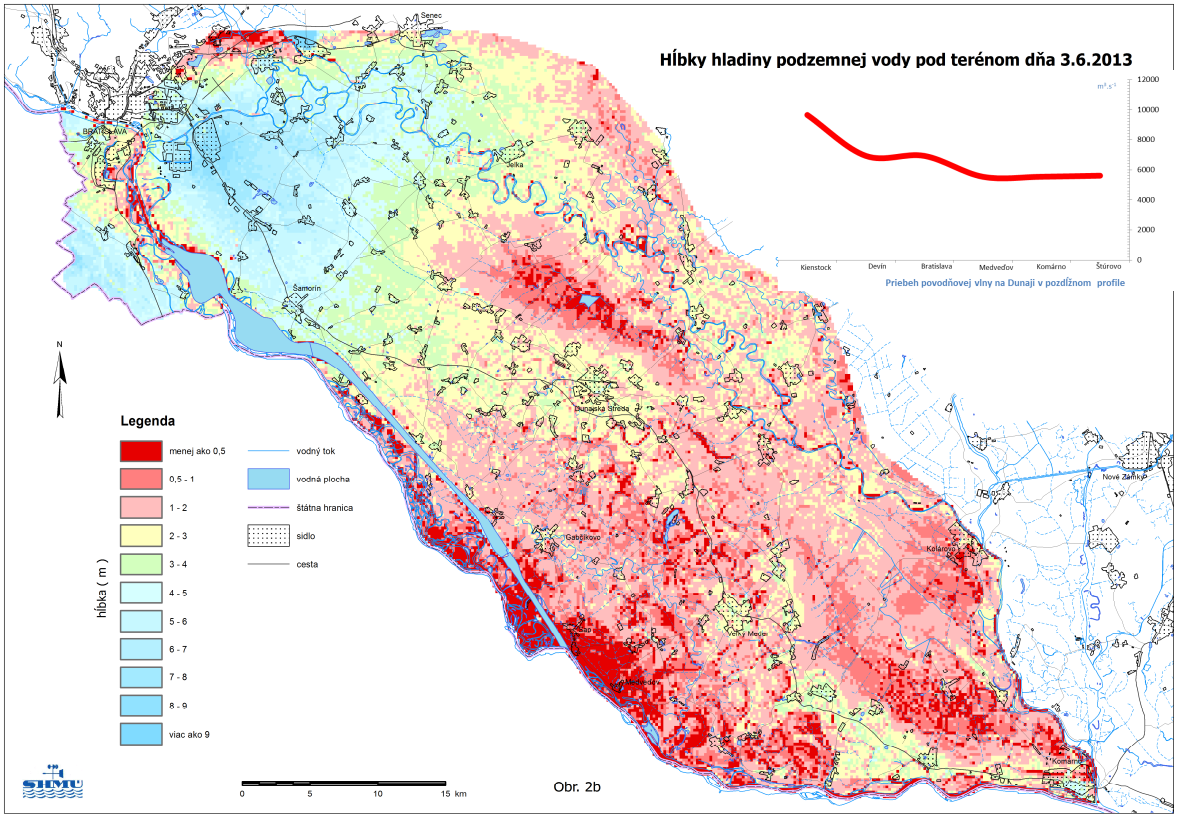
3. Vplyv povodne na hĺbky hladiny podzemnej vody

Hĺbky hladiny podzemnej vody pri priemerných stavoch (za ktoré možno považovať stav pred povodňou 25.5.2013) dosahujú v strednej a dolnej časti Žitného ostrova, vrátane územia ramennej sústavy, od 1 do 3 m pod terénom s výnimkou územia Nová Stráž – Komárno, kde hĺbka hladiny podzemnej vody dosahuje 4 až 4,5 m. Na hornom Žitnom ostrove hladina kónicky klesá od 3,5 m pod terénom z oblasti vymedzenej líniou Ivanka pri Dunaji – Zlaté Klasy – Šamorín – Kalinkovo – Biskupické rameno smerom k Podunajským Biskupiciam, kde býva zaklesnutá so zameranou najväčšou hĺbkou, takmer 9,0 m (Obr. 2a). Táto anomália je spôsobená prevádzkou hydraulickej clony pod Slovnaftom.



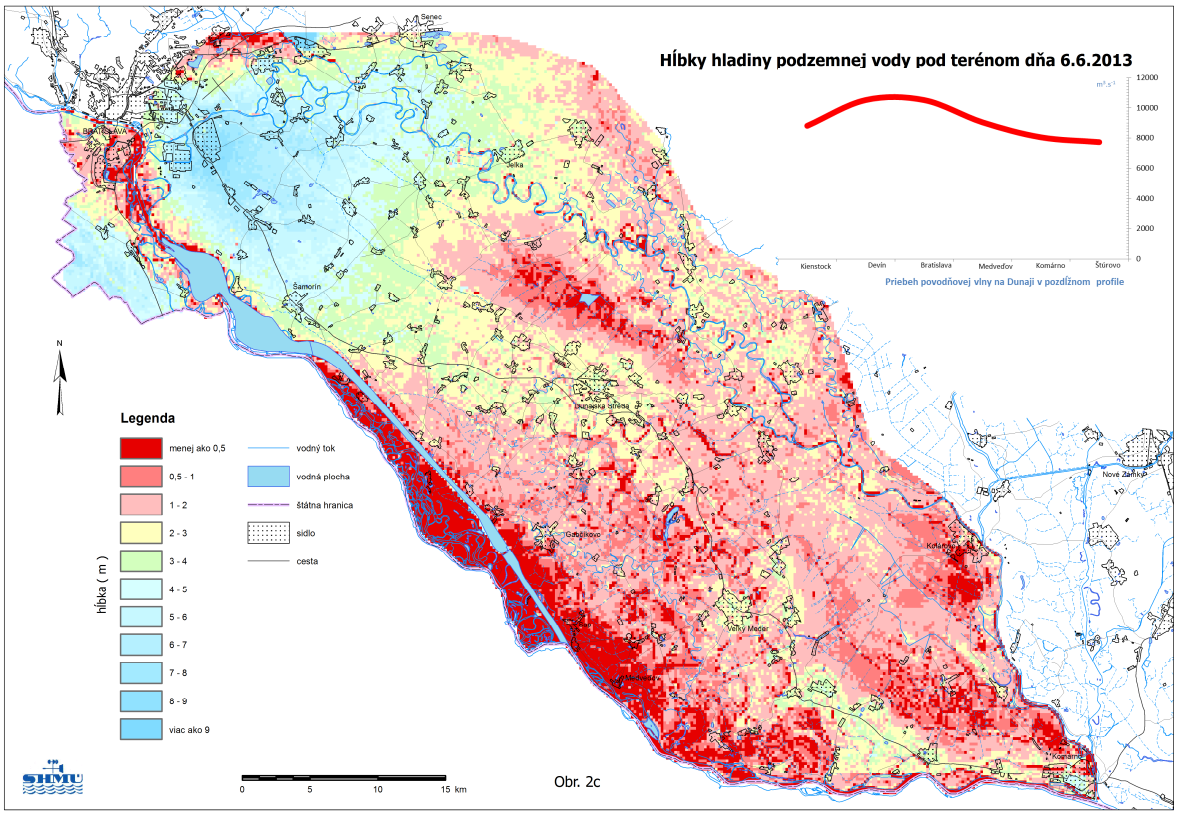
Obr. 2a

Prvé prejavy blížiacej sa povodne na Dunaji dokumentujeme 3.6.2013, kedy hladina podzemnej vody v dolnej časti ramennej sústavy aj v úseku Sap – Kližská Nemá dosahuje takmer úroveň terénu. Na ostatnom území popri toku Dunaja (do vzdialenosti maximálne 1 - 2 km) sa výrazne zdvihla hladina podzemnej vody a nebezpečne sa priblížila k terénu (Obr. 2b).



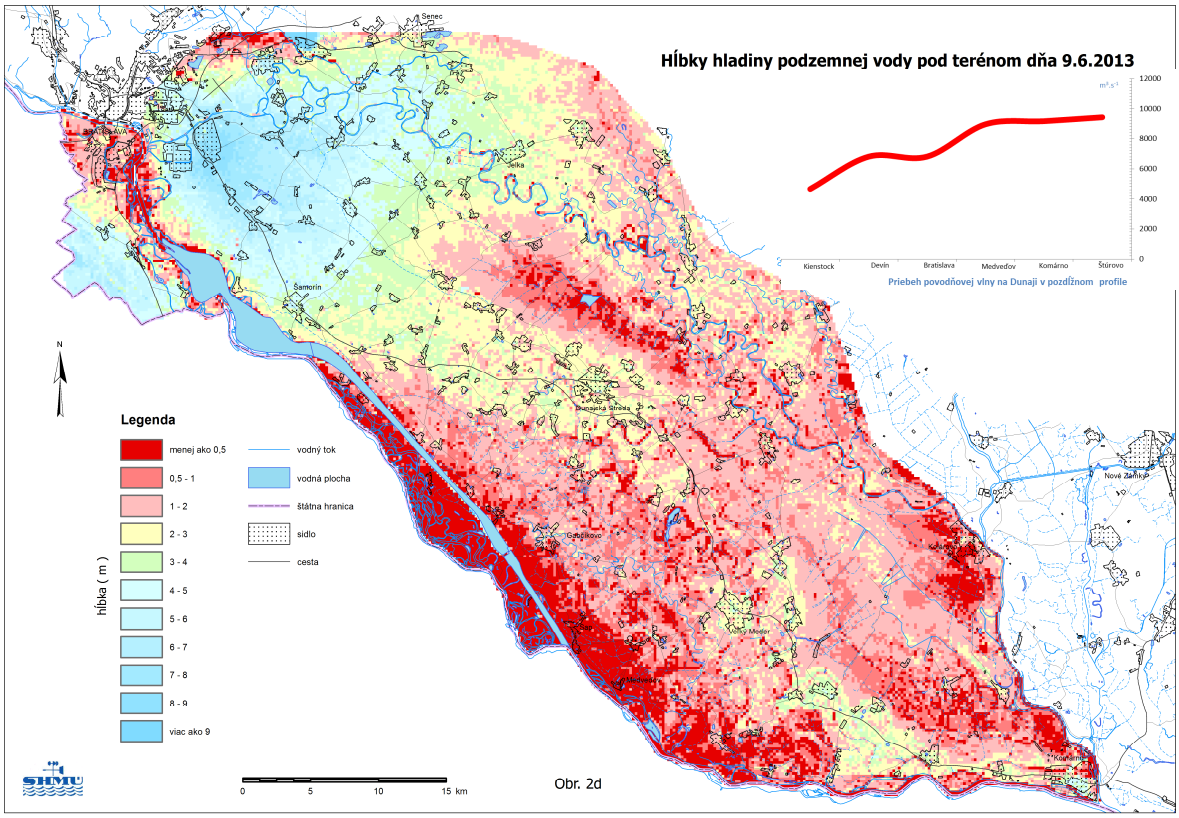
Obr. 2b

Počas kulminácie povodňovej vlny na Dunaji v Bratislave (dňa 6.6.2013) je celá ramenná sústava už zaplavená, takisto v území popri odpadovom kanáli a ďalej až po Kližskú Nemú je hladina podzemnej vody tesne pod povrchom terénu. Výraznejšie začala stúpať hladina podzemnej vody aj v oblasti pod Kolárovom, kde bola na monitorovacích objektoch SHMÚ zameraná hladina do 1 m pod terénom. Podobne sa situácia zhoršovala aj v oblasti Bratislavy a tesne pod Bratislavou na ľavej strane Dunaja, kde hladina podzemnej vody vzrástla a nachádzala sa 1 - 2 m pod terénom (Obr. 2c).



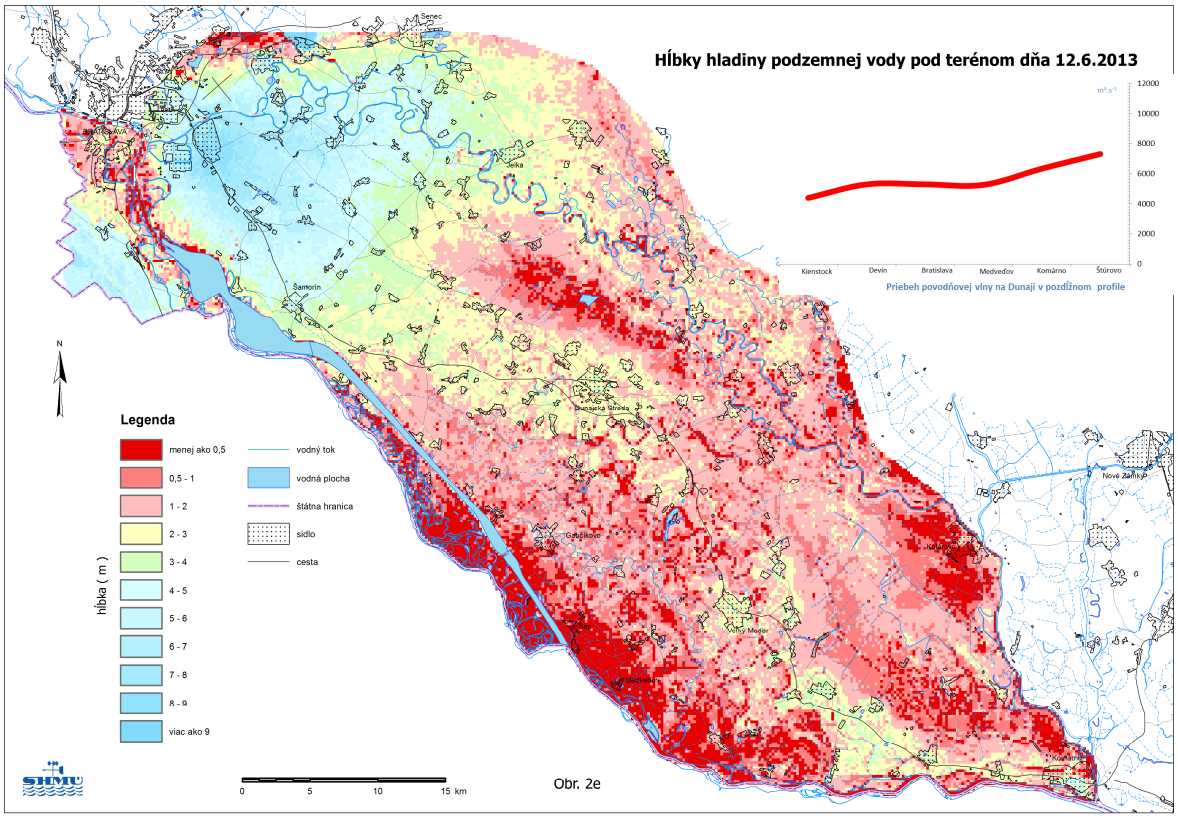
Obr. 2c

9.6.2013 po prechode povodňovej vlny po Dunaji je v oblasti Petržalky hladina podzemnej vody od 0 – 2 m pod terénom, naďalej je zaplavená celá ramenná sústava, na ľavej strane prívodného aj odpadového kanála a v úseku Sap – Kližská Nemá je hladina podzemnej vody tesne pod terénom. Zhoršila sa situácia nad Komárnom v oblasti Hadoviec a Kameničnej, kde podobne ako pod Kolárovom je hladina do 0,5 m pod terénom. Prakticky celý dolný Žitný ostrov má hladinu podzemnej vody vysoko oproti priemerným stavom a to do 2 m pod terénom (Obr. 2d).



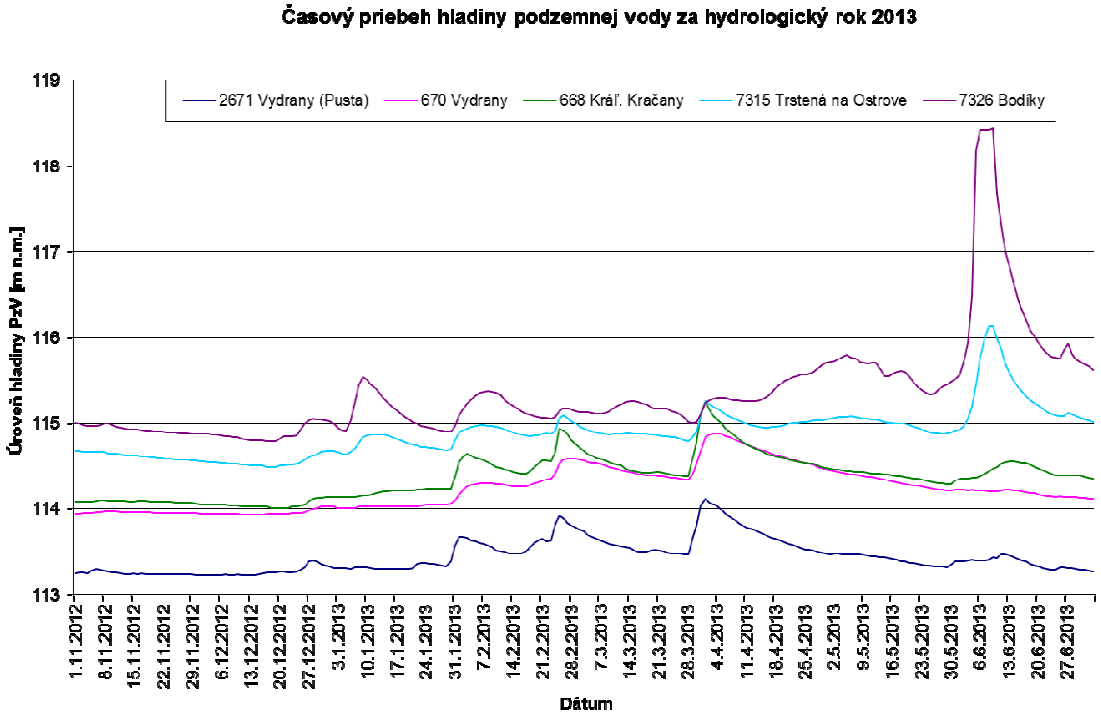
Obr. 2d

Niekoľko dní po kulminácii povodňovej vlny na Dunaji (12.6.2013) začala klesať na väčšine územia aj hladina podzemných vôd. Horná časť ramennej sústavy už nie je zaliata, dolná časť ramennej sústavy je naďalej zaplavená. Popri odpadovom kanáli až po Kližskú Nemú je hladina naďalej do 1 m pod terénom, vysoko (do 0,5 m) pod terénom je aj v oblasti pod Kolárovom. Popri Malom Dunaji, popri Váhu hladina podzemnej vody už poklesla a nachádza sa v hĺbke do 2 m. V strede Žitného ostrova sa hĺbky zmenili len nepatrne a nepriblížili sa dramaticky k terénu. (Obr. 2e).

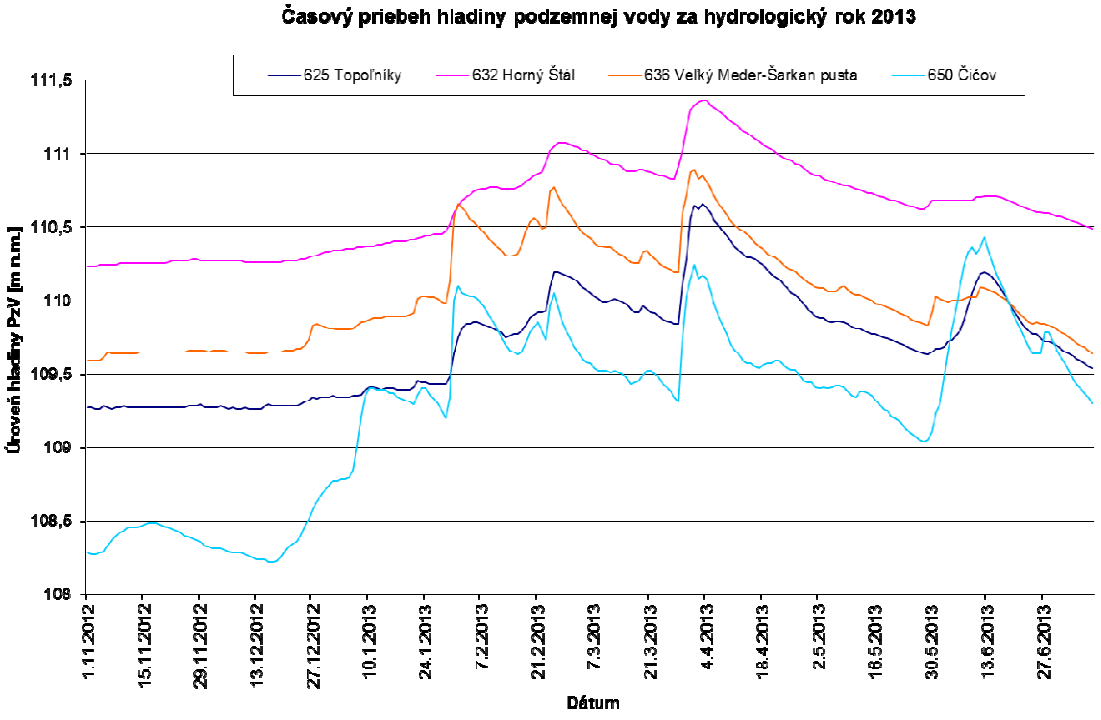


Obr. 2e

Pre znázornenie časového priebehu hladiny podzemnej vody za obdobie hydrologického roka od novembra 2012 do začiatku júla 2013 sme si zvolili dva profily naprieč Žitným ostrovom. Jeden je situovaný do stredu Žitného ostrova a ramennej sústavy (Obr. 3a) a druhý pod vyústenie odpadového kanála do starého koryta Dunaja (Obr. 3b). Oba poukazujú na skutočnosť, že so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od Dunaja sa zmierňuje vplyv povodňovej vlny na podzemné vody a tiež, že v dolnej časti Žitného ostrova je spolupôsobenie vôd Dunaja na podzemné vody oveľa menšie ako v strednej časti.



Obr. 3a



Obr. 3b

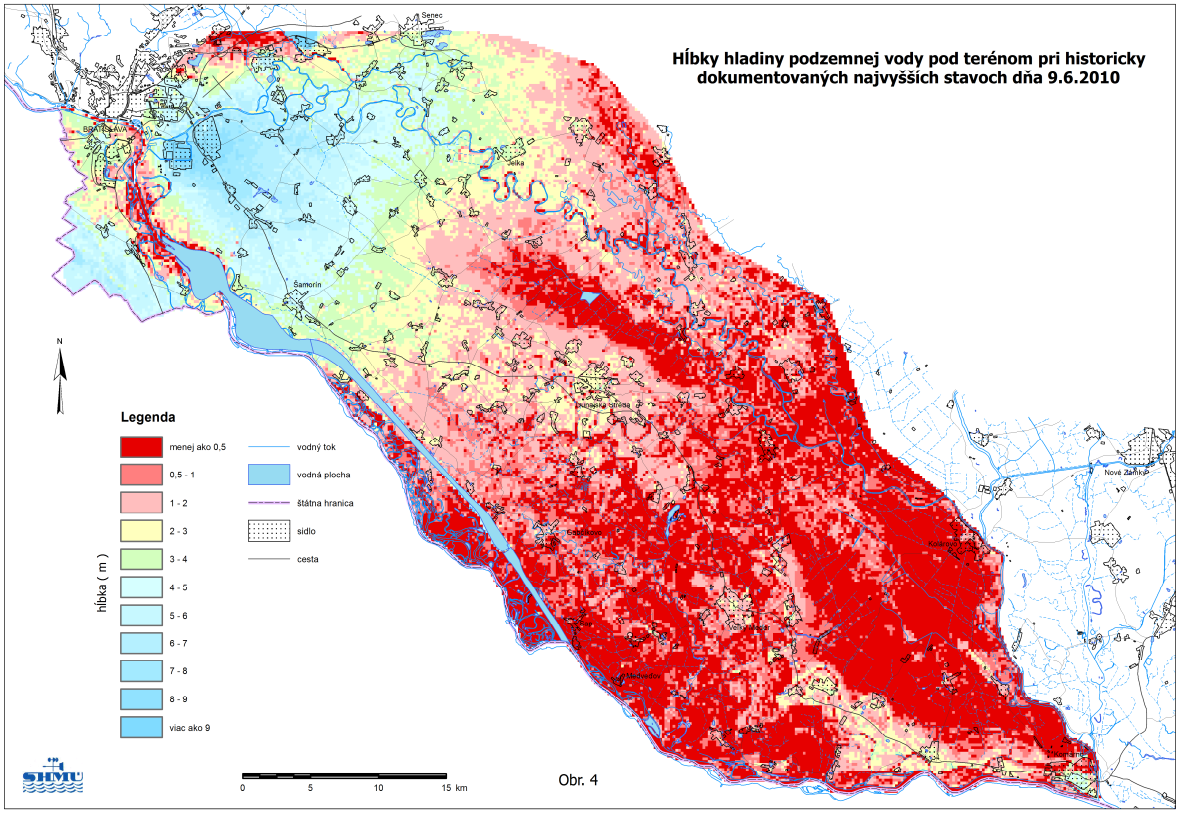
4. Záver

Historická povodeň na Dunaji začiatkom júna 2013 preverila protipovodňové opatrenia a schopnosti vodohospodárov riešiť aktuálne problémy súvisiace s extrémnou povodňovou situáciou. Hydraulický súvis povrchových a podzemných vôd v danom území vytváral oprávnené predpoklady možného zatopenia rozsiahlych území v dôsledku výrazného stúpnutia hladín podzemných vôd na alebo až nad úroveň terénu. Ale aj hodnotenie podzemných vôd popísané vyššie túto situáciu nepotvrdilo.

Dôsledok povodne spôsobil výrazný vzostup hladiny podzemných vôd najmä v oblasti Petržalky, ramennej sústavy, ľavej strany prívodného aj odpadového kanála ako aj územia od Sapu po Kližskú Nemú. V tomto území hladina podzemnej vody dosahovala hĺbku od 0 - 2 m pod terénom. Plošný dosah území, kde sa hladina podzemnej vody takmer približovala k terénu, predstavoval v oblasti Petržalky pás územia popri rieke Dunaj šírky cca 5 km, v oblasti prívodného aj odpadového kanála, ako aj územia od Sapu po Kližskú Nemú bol dosah väčší (10-15 km).

Vzostupom hladiny podzemnej vody v oblasti ramennej sústavy a tiež v úzkej príbrežnej zóne popri odpadovom kanáli a od Sapu po Kližskú Nemú došlo k zatopeniu terénu (povrchovou aj podzemnou vodou). Rozsah zatopenia terénu predstavoval len najužšiu príbrežnú zónu, výnimkou je ramenná sústava, ktorá bola celá zaplavená povrchovou vodou. Potvrdili sa operatívne informácie odboru podzemných vôd médiám zo dňa 7.6.2013 a 10.6.2013 o očakávaných dopadoch prebiehajúcej povodne na režim podzemných vôd, ktoré vyvracali obavy širokej verejnosti zo zatopenia väčších území. Svoju nesporne pozitívnu úlohu tu zohrali zrealizované protipovodňové opatrenia, vodné dielo Gabčíkovo a hydraulická clona pod Slovnaftom.

Len pre zaujímavosť uvádzame hĺbky hladiny podzemnej vody z roku 2010. Takmer na deň presne, pri prechode porovnateľnej, ale menšej povodňovej vlny v Dunaji, bol plošný dosah vysokej hladiny podzemnej vody (0 - 1 m pod terénom) v rámci Žitného ostrova výrazne rozsiahlejší v porovnaní s júnom 2013 a dosahoval až do vzdialenosti 15-20 km od Dunaja a v dôsledku vzdutia Váhu vzostup hladiny podzemných vôd dokonca výrazne zasiahol celý dolný Žitný ostrov (Obr. 4).



Obr. 4

Príčiny, vznik a vývoj povodne na Dunaji 2013
Cause, formation and evolution of flood on the Danube 2013

Lešková, D., Smrtník, P., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava,
danica.leskova@shmu.sk, peter.smrtnik@shmu.sk

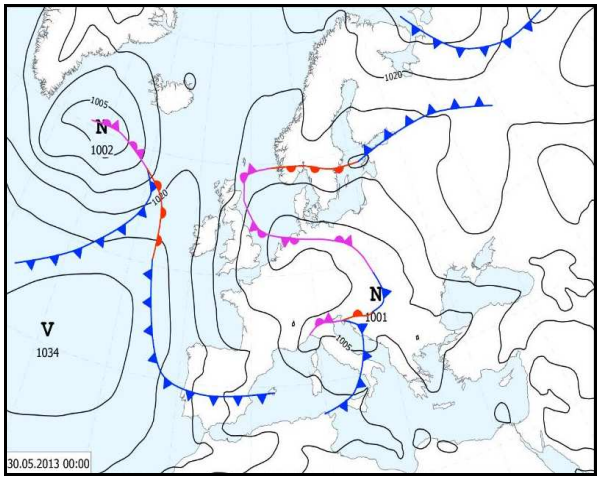
Abstrakt
Koncom mája 2013 sa začala vyvíjať mimoriadna situácia na Dunaji. Príčinou boli zrážky plošne takmer rovnomerne rozložené. Zrážková činnosť vyústila do povodne mimoriadnej významnosti. V dolnom Rakúsku a na celom slovenskom úseku Dunaja dosiahla povodeň historické úrovne vodných hladín.
Kľúčové slová
Povodeň, stupeň povodňovej aktivity, zrážky, vodný stav, kulminácia

Abstrakt
At the end of May 2013 an emergency flood situation on the Danube started to develop. It was caused by heavy precipitation nearly evenly distributed across the basin. Precipitation resulted in flooding of extreme significance. The Danube reached historic flood water levels in Lower Austria and along the Slovak section.

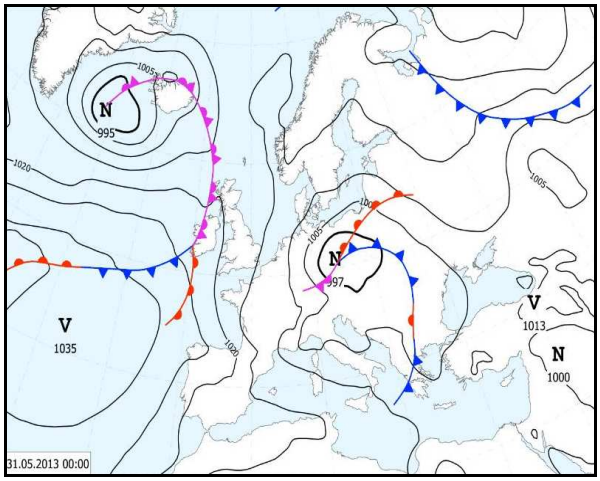
Keywords
Flood, flood activity degree, precipitation, water stage, culmination

Úvod
Koncom mája 2013 v povodí Dunaja v Nemecku a v Rakúsku vznikla nebezpečná povodňová situácia, ktorá začiatkom júna výrazne ovplyvnila hydrologický režim na slovenskom úseku Dunaja. Mala výrazný vplyv aj na povodňové situácie na dolných úsekoch slovenských prítokov.

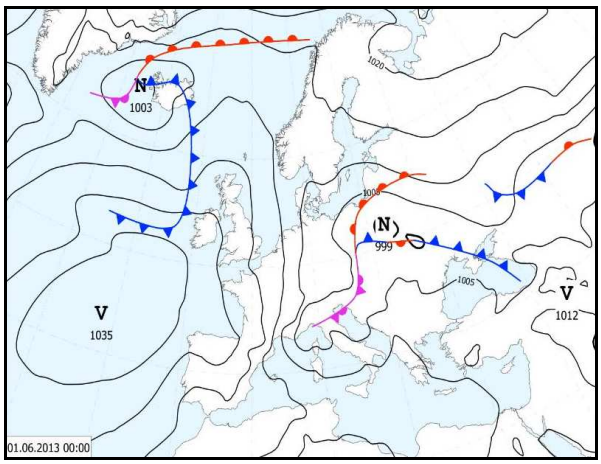
Meteorologické príčiny vzniku povodne
Od 27.5. bolo počasie nad povodím Dunaja pod vplyvom tlakovej níže so stredom striedavo nad naším územím a juhozápadným Poľskom. Vo štvrtok 30.5. sa prechodne rozšíril od západu nad Alpy a Karpaty nevýrazný výbežok tlakovej výše, avšak následne až do konca týždňa (2.6.) sa počasie dostalo opäť pod vplyv nízkeho tlaku vzduchu so stredom nad strednou Európou (Obr.1-4). Pri takomto položení stredu tlakovej níže sa výrazne prejavil náveterný efekt severných svahov Álp zachytávajúcich zrážky..



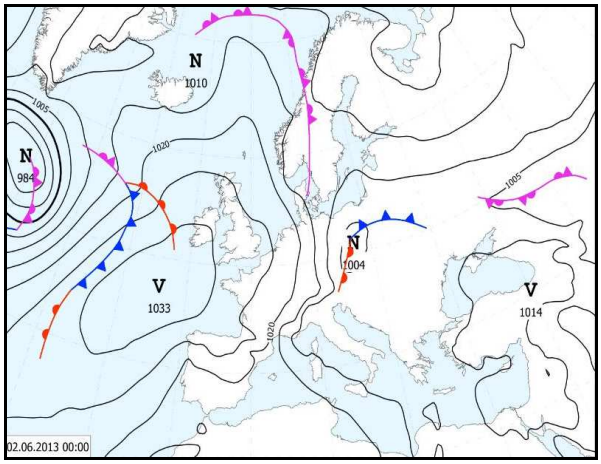
Obr.1 Synoptická situácia 30.5.2013, 00:00 UTC



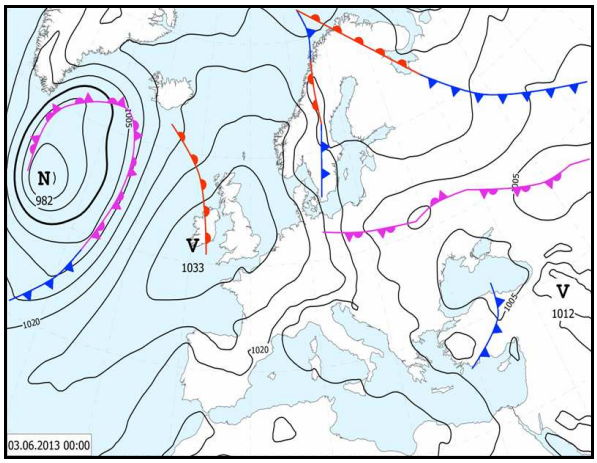
Obr.2 Synoptická situácia 31.5.2013, 00:00 UTC



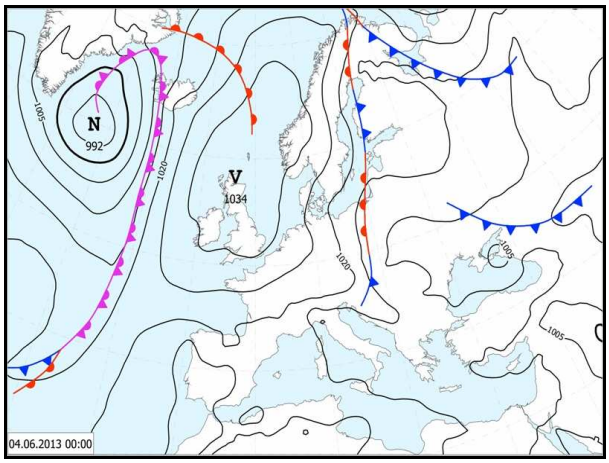
Obr.3 Synoptická situácia 1.6.2013, 00:00 UTC



Obr.4 Synoptická situácia 2.6.2013, 00:00 UTC



Obr.5 Synoptická situácia 3.6.2013, 00:00 UTC



Obr.6 Synoptická situácia 4.6.2013, 00:00 UTC

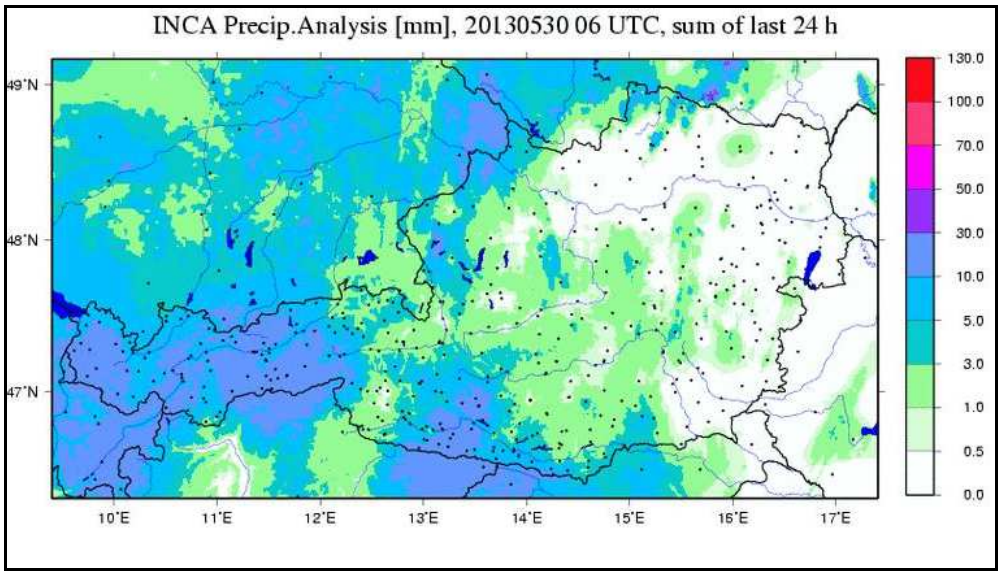
Dňa 3.6. zasahovala od východu do strednej Európy oblasť nižšieho tlaku vzduchu.V povodí Dunaja, najmä v jeho východnej časti, mimo hlavných prítokov, sme zaznamenali zrážky vo zvlnenom studenom fronte (Obr.5-6).

Zrážkové pomery v nemeckom a rakúskom povodí Dunaja

Povodňová situácia začala pod vplyvom extrémne vysokých úhrnov zrážok v hornej časti povodia Dunaja v Nemecku a v povodí Innu od 29.5.2013. Intenzita zrážkovej činnosti mala stúpajúcu

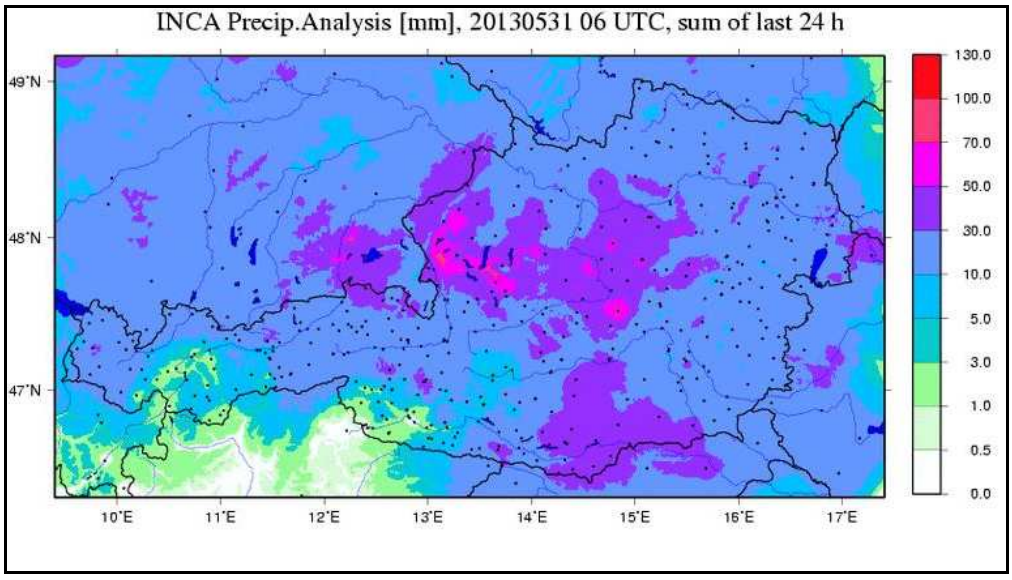
tendenciu od stredy 29.5., pričom kulminovala zo soboty 1.6. na nedeľu 2.6., v ďalších dvoch dňoch zrážky začali postupne slabnúť.

V stredu 29.5.2013 (30.5. k 6:00 hod. UTC za predchádzajúcich 24 hodín) boli zrážky sústredné do alpskej časti subpovodia Innu s 24-hodinovými úhrnmi od 10 do15 mm. Nižšie úhrny boli zaznamenané v nemeckej časti povodia s úhrnmi od 3 do 13 mm, v rakúskej časti povodia boli zrážky zanedbateľné (Obr. 7). Zrážky spadli do prostredia, ktoré bolo už čiastočne nasýtené predchádzajúcimi zrážkami, t.j. IPZ za predchádzajúcich 10 dní pre hornú časť povodia Dunaja bolo 25,2 mm.

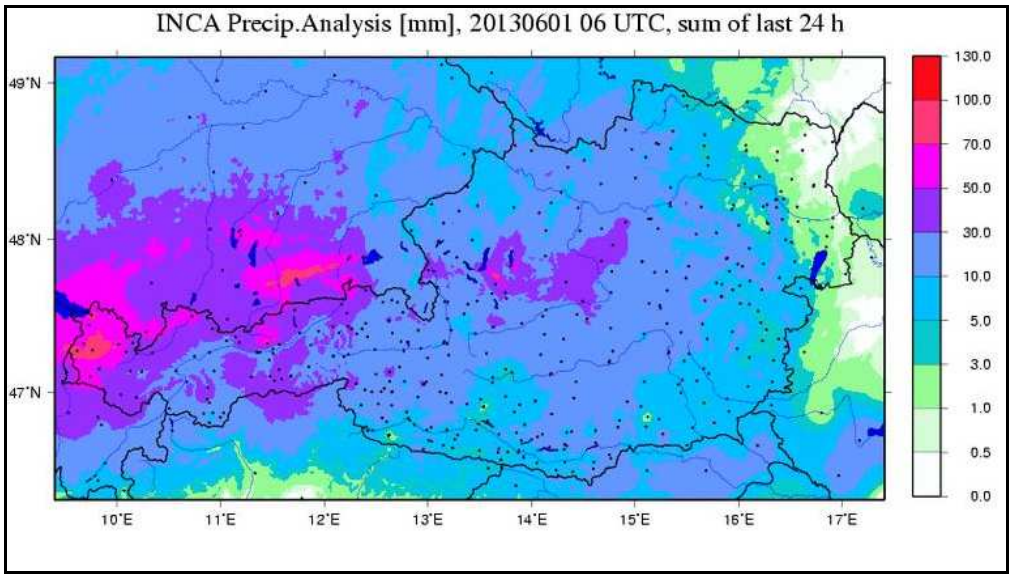


Obr.7 Odhad zrážok analýzou INCA k 30.5.2013, 6:00 UTC za perdchádzajúcich 24 hodín

V ďalšom dni 30.5. (Obr. 8 – 31.5.2013 k 6:00 UTC úhrny zrážok za predchádzajúcich 24 hodín) sa vyskytli zrážky na celom povodí horného Dunaja, pričom ťažisko ich výskytu bolo v povodí Traunu, Ennsu a Ybbsu, sčasti aj v povodí Innu. Namerané úhrny boli od 30 do 40 mm, ojedinele nad 50 mm (odhad podľa analýzy INCA). Výrazne sa prejavoval náveterný efekt, ktorý pokračoval aj počas ďalšieho dňa (Obr. 9), kedy sa vyskytli zrážky takmer na celej ploche povodia horného Dunaja, pričom je badateľné rozširovanie priestorového rozloženia ťažiska zrážok. V pramennej oblasti povodia Dunaja, v subpovodiach Lech, Isar a Inn, sa spadnuté úhrny pohybovali v intervale od 35 do 50 mm, ale približne na jednej tretine plochy horného Dunaja od 50 do 81 mm. Tieto zrážky spolu s predchádzajúcimi spôsobili výrazné nasýtenie povodia, pričom IPZ za celý horný Dunaj mal už hodnotu 55,6 mm.

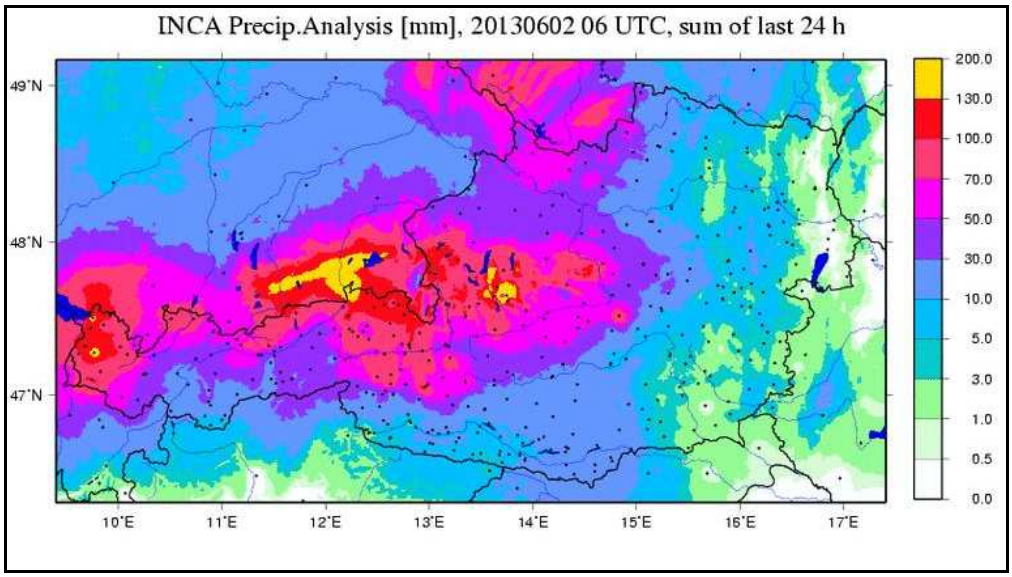


Obr.8 Odhad zrážok analýzou INCA k 31.5.2013, 6:00 UTC za perdchádzajúcich 24 hodín



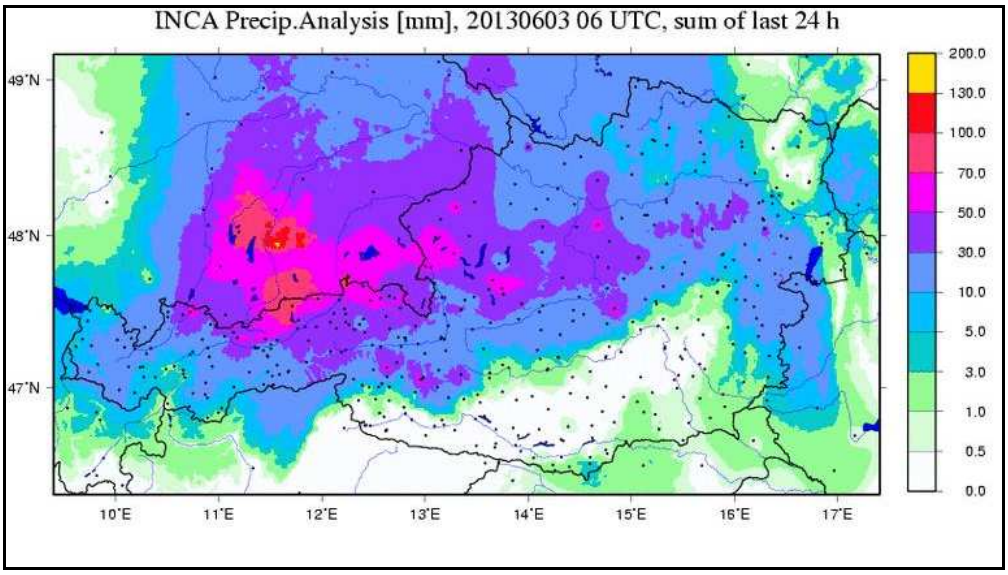
Obr.9 Odhad zrážok analýzou INCA k 1.6.2013, 6:00 UTC za perdchádzajúcich 24 hodín

Počas piatku 31.5.2013 (Obr. 9) sa prechodne zmiernila zrážková činnosti, ale zo soboty na nedeľu 2.6. (Obr. 10) boli zaznamenané najvýraznejšie úhrny, nielen čo do množstva zrážok, ale taktiež z pohľadu ich priestorového rozloženia v povodí horného Dunaja. Túto situáciu môžeme označiť ako kulminovanie zrážkovej činnosti, ktorá mala katastrofálny dopad na povodňovú situáciu v Bavorsku, Rakúsku ale aj v Českej republike. Ťažisko zrážok zasiahlo predovšetkým povodie nemeckého Dunaja, Isar a Inn s úhrnmi 55 až 81 mm, odhad analýzy zrážok INCA vyšiel až nad 130 mm. V povodí Traunu spadlo 80 až 100 mm, v povodí Ennsu 40 až 55 mm. V ostatných častiach povodia boli zaznamenané zrážky od 5 do 30 mm.

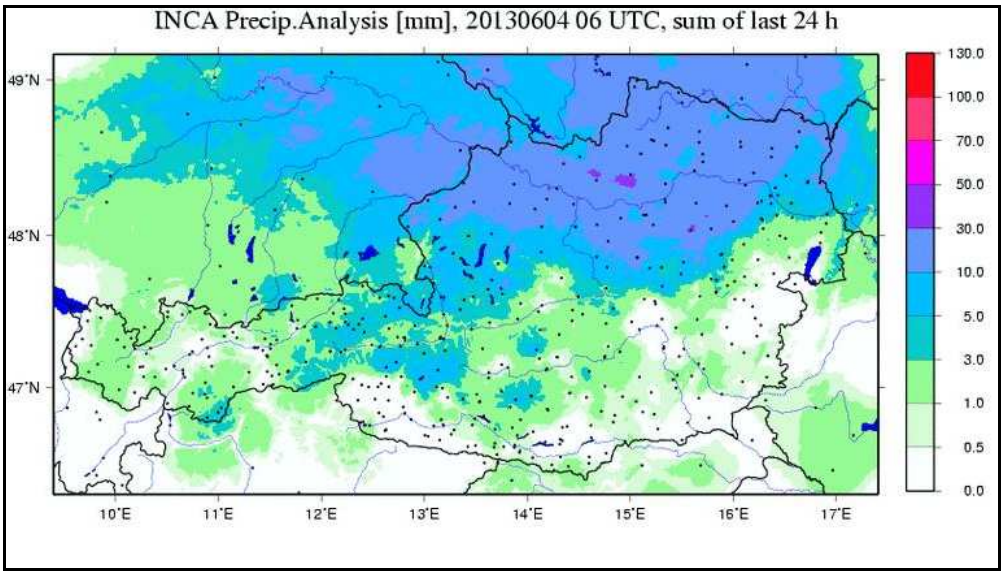


Obr.10 Odhad zrážok analýzou INCA k 2.6.2013, 6:00 UTC za perdchádzajúcich 24 hodín

Výrazné úhrny zrážok sa vyskytli aj v nedeľu 2.6. (Obr. 11), pričom v ich ťažisku bolo v povodí Lechu, Isaru a Innu zaznamenaných od 35 do 70 mm, podľa odhadu analýzy INCA ojedinele aj viac. Súčasne sa aj zmenšilo priestorové rozloženie zrážok. Postupne ustupovala zrážková činnosť aj ďalší deň, 24- hodinové úhrny zrážok od 10 do 17 mm a zasiahli len údolie hlavného toku Dunaja.
Z utorka na stredu bolo ťažisko zrážok lokalizované len na región Dolného Rakúska s úhrnmi do 21 mm. Zrážky za predchádzajúcich 48 hodín (od pondelka 3.6. do stredy rána 5.6.) už nemali zásadný vplyv na vývoj povodňovej situácie na Dunaji (Obr. 12).



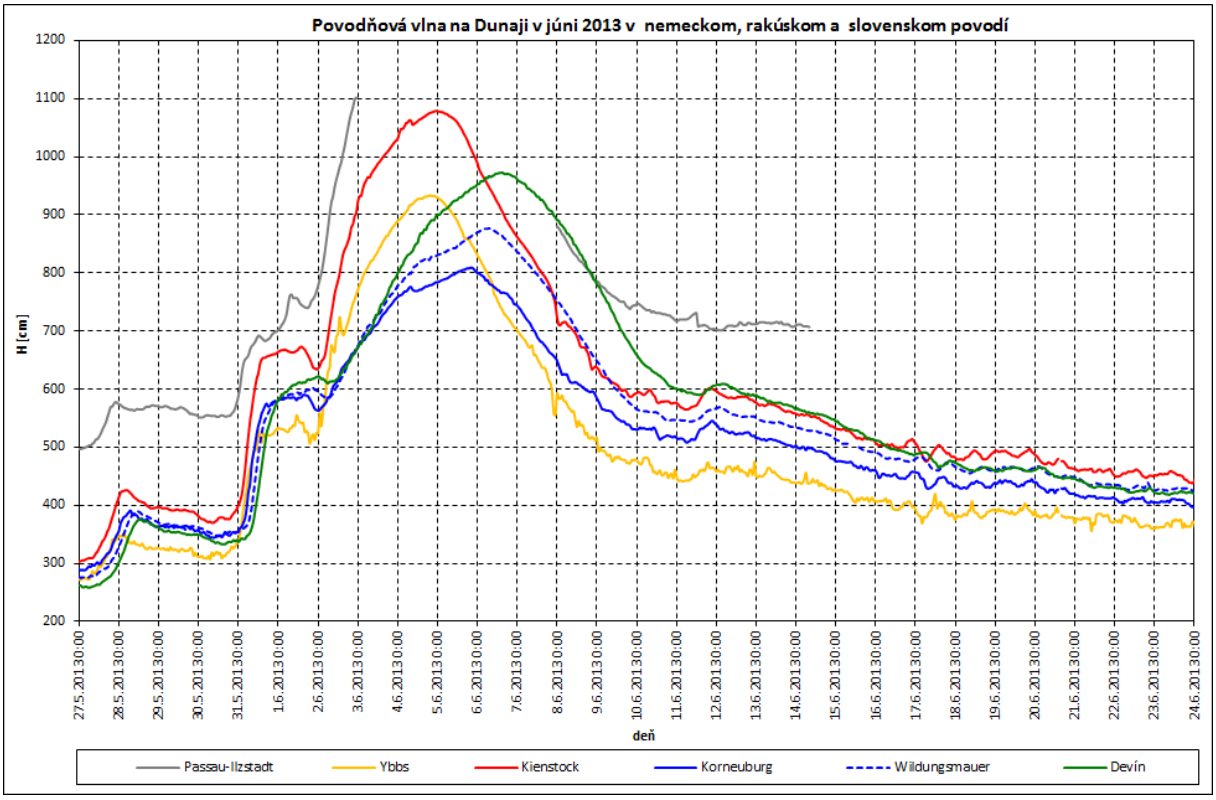
Obr.11 Odhad zrážok analýzou INCA k 3.6.2013, 6:00 UTC za perdchádzajúcich 24 hodín



Obr.12 Odhad zrážok analýzou INCA k 4.6.2013, 6:00 UTC za perdchádzajúcich 24 hodín

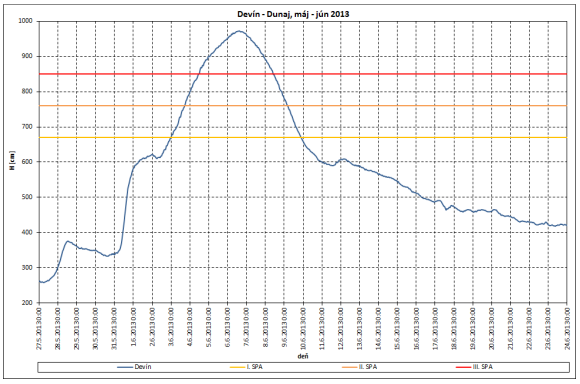
Hydrologická situácia v júni 2013 na Dunaji

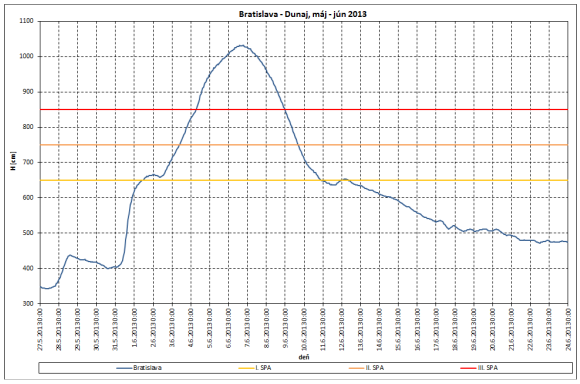
Vodný stav na hornom úseku bavorského Dunaja začal stúpať už 29.5.2013. Bavorský Dunaj kulminoval v hornej časti 4.6. až 5.6, s kulmináciou okolo 3200 $m^3.s^{-1}$. Horná časť Innu začala stúpať od 30.5.2013 a blížila sa do Passau, kde sa vliala do Dunaja pri kulminácii s prietokom približne 6 500 $m^3.s^{-1}$. Svojou mohutnosťou sa Inn tlačil do „bavorského Dunaja“ a vzdúval ho proti prúdu (podobne, ako Dunaj Moravu). V nemeckom profile Passau-Ilzstadt Dunaj stúpal už počas popoludňajších hodín toho istého dňa z úrovne 553 cm. V priebehu nasledujúcich cca 36 hodín hladina stúpla približne o 2 m a na krátko sa ustálila. V sobotu 1.6. vo večerných hodinách sa prechodná ustálenosť zmenila na výrazný vzostup, pričom hladina v priebehu nasledujúcich 24 hodín vystúpila o 350 cm, na úroveň 1102 cm (2.6. o 23:00 hod.), kedy stanica prestala fungovať. Dodatočne vypočítaná výška kulminácie v profile Passau-Ilzstadt sa odhaduje na 1279 cm. Povodňová vlna postupovala pod Passau ďalej po toku. V rakúskych staniciach Ybbs a Kienstock dosiahli kulminácie 4.6. pri vodných stavoch o málo nižších ako v roku 2002. Kulminácia v stanici Korneuburg (10 km Viedňou) nastala v stredu 5.6.2013 vo večerných hodinách s historicky najvyššie dosiahnutým vodným stavom. Podobne aj v stanici Wildungsmauer (18 km nad sútokom Dunaja s Moravou), kde Dumaj kulminoval 6.6. v ranných hodinách (Graf 1).



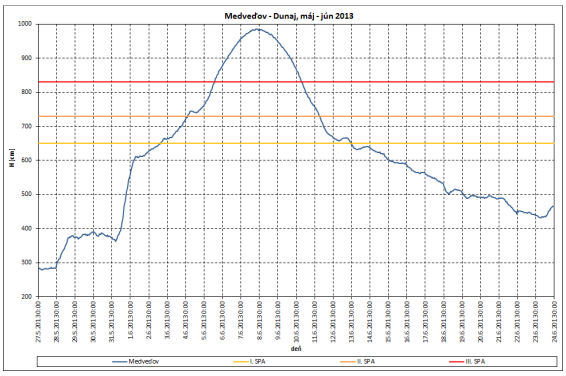
Graf 1 Povodňová vlna na Dunaji v nemeckom, rakúskom a slovenskom povodí

Na našom území začal vzostup 31.5. ráno v profile Devín z vodného stavu zodpovedajúceho takmer priemernému ročnému prietoku a za 24 hodín sme zaznamenali výrazný vzostup o 280 cm. Zrážky v Nemecku prechodne ustali, vodný stav prešiel prechodne do ustálenosti, no už na druhý deň 2.6 2013 vzostup pokračoval ďalej. Povodňová vlna dosiahla v Devíne kulmináciu 6.6. 2013 o 15:15 na úrovni 974 cm a v Bratislave o 2 hodiny neskôr na úrovni 1034 cm. Aj keď z hľadiska hodnotenia významnosti povodní nie je vodný stav rozhodujúci, od roku 1889 v Bratislave nebol takýto vodný stav dosiahnutý. Celková výška vlny v Devíne bola 632 cm. Povodňová vlna postupovala po celom slovenskom úseku Dunaja až po Štúrovo, pričom sa na strednom a dolnom úseku prejavila taktiež rekordnými vodnými stavmi, vo všetkých profiloch bola prekročená úroveň zodpovedajúca 3. SPA. Kulminácie nastali postupne v priebehu nasledujúcich dní, a to 7.6. v Gabčíkove a Medveďove, 8.6. v Komárne a nakoniec 9.6. o 7:00 hod. v Štúrove (Graf 2-6). Dosiahnuté úrovne vodných stavov vo všetkých vodomerných staniciach prekonali doteraz namerané hodnoty. Hodnoty zaznamenaných kulminačných prietokov v Devíne a Bratislave zodpovedajú 50 - 100 ročnému prietoku, v Komárne 100 ročnému maximálnemu prietoku a kulminačné prietoky v Medveďove a Štúrove boli vyššie ako je hodnota 100 ročného prietoku.

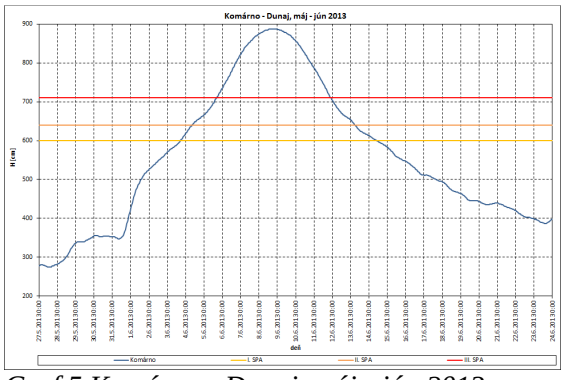




Graf 2 Devín – Dunaj, máj - jún 2013

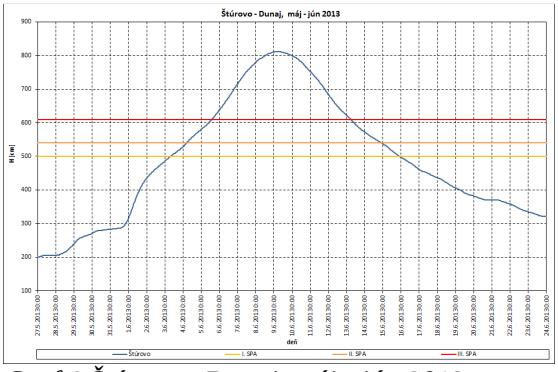


Graf 3 Bratislava - Dunaj, máj - jún 2013

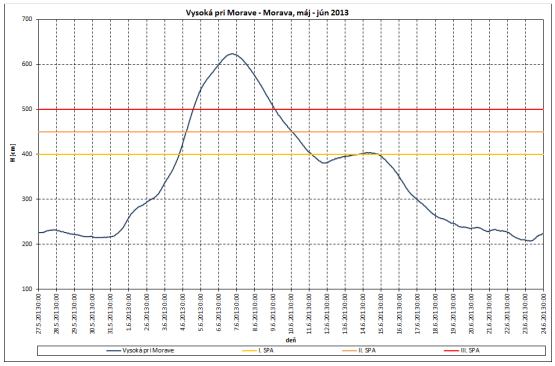


Graf 4 Medveďov - Dunaj, máj - jún 2013

Graf 5 Komárno - Dunaj, máj - jún 2013



Graf 6 Štúrovo - Dunaj, máj - jún 2013



Graf 7 Vysoká pri Morave - Morava, máj-jún 2013

Hladina vody ovplyvnila svojimi vysokými vodnými stavmi aj prítoky Morava, Váh s Nitrou, Hron a Ipeľ. Vzdutie siahalo niekoľko kilometrov proti prúdu. Vo vodomerných staniciach na prítokoch Dunaja sme zaznamenali až 2.a 3.stupne povodňovej aktivity. Vo Vysokej pri Morave bola prekročená hladina zodpovedajúca 3.SPA (Graf 7). , v Kolárove bola prekročená hladina 2. SPA, v Salke hladina kulminovala tesne pod úrovňou 2. SPA. Dolný úsek Hrona nebol tak výrazne ovplyvnený povodňovou situáciou na Dunaji, čo je spôsobené fyzicko-geografickými pomermi údolia Hrona.

Porovnanie tohoročnej povodne s povodňou v roku 2002

Hydrologická situácia na Dunaji v júni 2013 sa vyvíjala veľmi podobne ako situácia v roku 2002, aj keď vychádzala z odlišnej východiskovej situácie. V auguste 2002 vznikla prvá, nižšia povodňová vlna následkom dvojdňových extrémnych zrážok, ktoré ustali, ale po piatich dňoch prišli opäť dva zrážkovo významné dni s úhrnmi 30 až 50 mm, ktoré spôsobili druhú, vyššiu povodňovú vlnu.
Nástup vlny koncom mája 2013 v Nemecku s pokračovaním v Rakúsku bol spôsobený taktiež výdatnými zrážkovými úhrnmi v ťažisku zrážok 30 až 40 mm, ojedinele nad 50 mm (30.5.) a ďalší deň (31.5.) spadli úhrny 35 až 50 mm, ojedinele od 50 do 81 mm. Výskyt výdatných úhrnov zrážok aj v ďalších dvoch dňoch – 1.6. od 55 do 81 mm, ojedinele nad 100 mm a 2.6. od 35 do 70 mm, naznačoval, že povodňová vlna by mala byť výškovo veľmi podobná vlne z roku 2002. Postupným prechodom vlny cez Rakúsko sa výšky a postupové doby vlny zväčšovali, pričom prekročili historické hodnoty.

V rakúskych vodomerných staniciach Ybbs a Kienstock hladina kulminovala 4.6. pri vodných stavoch len o málo nižších ako v roku 2012. Kulminácia vo vodomernej stanici Korneuburg nastala v stredu 5.6. vo večerných hodinách s historicky najvyšším dosiahnutým vodným stavom. Podobne to bolo aj v

stanici Wildungsmauer, ktorý kulminoval 6.6. v raňajších hodinách, avšak metrový rozdiel v kulminácii oproti roku 2002 je spôsobený posunom „0“ vodočtu v tomto profile (Tab.4).

Kulminačný vodný stav v Kienstocku bol v porovnaní s rokom 2002 o 6 cm nižší, avšak kulminácia vlny v Korneuburgu, bola v porovnaní s rokom 2002 o necelých 20 cm vyššia. Z uvedeného je zrejmé, že zatiaľ čo sa vlna v roku 2002 na rakúskom úseku Dunaja medzi Kienstockom a Korneuburgom transformovala z 11 300 na 10 400 $m^3.s^{-1}$, teda o 900 $m^3.s^{-1}$, tak v júni 2013 sa vlna vôbec netransformovala. Obe stanice kulminovali s prietokom 11 100 $m^3.s^{-1}$. Napriek tomu, že ide o operatívne prietoky, priebeh vodných stavov to viac-menej potvrdil.(Tab. 1) Táto nová skutočnosť sa zakomponovala do ďalších predpovedí kulminácií na slovenskom úseku.

Tab. 1 Porovnanie kulminačných hodnôt pri povodni na Dunaji v auguste 2002 a v júni 2013

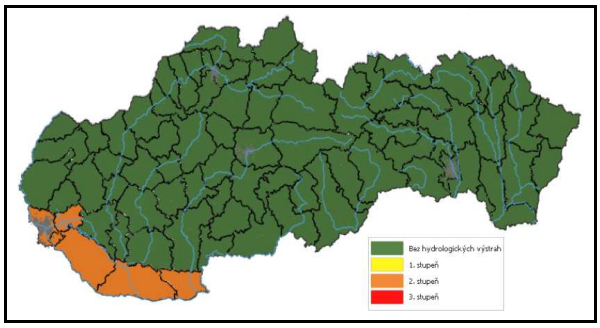
Stanica	***H_{kulm} (cm)***		***Q_{kulm} ($m^3.s^{-1}$)***		***ΔH (cm)***	
	2002	2013	2002	2013	2002	2013
nemecký a rakúsky úsek Dunaja						
Passau – Ilzstadt	1079	*1279*	-	-	556	*726*
Ybbs	942	933	10700		673	623
Kienstock	1084	1078	11300	11100	776	702
Korneuburg	790	809	10400	11100	492	462
Wildungsmauer**	770	877	10500		467	424
slovenský úsek Dunaja						
Devín	948	974	10370	10640	688	632
Bratislava	991	1034	-	-	651	631
Gabčíkovo	792	841*	-	-	647	641
Medveďov**	852	986	10140	10240	672	621
Komárno	842	889	9674	9378	606	542
Štúrovo	760	812	-	9487	604	523

Pozn.: - Údaje z roku 2002 prešli režimovým spracovaním a sú platné
- Údaje z roku 2013 sú operatívneho charakteru a neprešli režimovým spracovaním
- Kulminácie z roku 2013 na rakúskom úseku nie sú potvrdené rakúskou stranou
** Predbežný odhad, nakoľko VS bola prechodne nefunkčná z dôvodu zaliatia vodou*
*** Vo VS Wildungsmauer a Medveďov došlo po roku 2002 k posunu „0“ vodočtu o 1m*

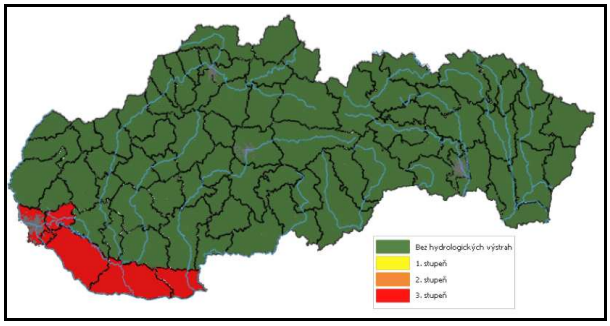
Predpovedná povodňová služba

Predpovedná povodňová služba (PPS) na Slovenskom hydrometeorologickom ústave zaznamenala zrážky a vzostupy na hornom Dunaji a jeho prítokoch a už v nedeľu, 2.6.2013, upozornila Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. OZ Bratislava na nebezpečnú situáciu s odhadom na 950 cm na Devíne, čo vodohospodárov zmobilizovalo k zahájeniu ochrany Devína, Bratislavy a postupne celého slovenského úseku Dunaja. Na základe zhodnotenia vývoja hydrologickej a meteorologickej situácie v nemeckej a rakúskej časti povodia Dunaja boli pre slovenský úsek Dunaja hydrologické výstrahy vydané s dostatočným predstihom, čo sa ukázalo ako výhoda, v súvislosti s prípravou protipovodňových opatrení (Obr.13-18). Situácia bola monitorovaná aj prostredníctvom systému EFAS (Európsky protipovodňový varovný systém), ktorý signalizoval možnosť štatisticky významnej povodne na rieke Dunaj už od 27.5.2013.
Prvá hydrologická výstraha 1. stupňa pre okres Bratislava bola vydaná v sobotu 1. júna 2013 s platnosťou od 10:30 hod. do odvolania. Podľa vývoja situácie boli hydrologické výstrahy priebežne aktualizované. Postupne boli vydané hydrologické výstrahy na nebezpečenstvo povodne z trvalých zrážok aj pre okresy Senec, Dunajská Streda, Komárno a Nové Zámky – juh, pričom už v nedeľu 2.6. boli pre celý slovenský úsek Dunaja vydané hydrologické výstrahy 2. stupňa a v pondelok 3.6. aj hydrologické výstrahy 3. stupňa.

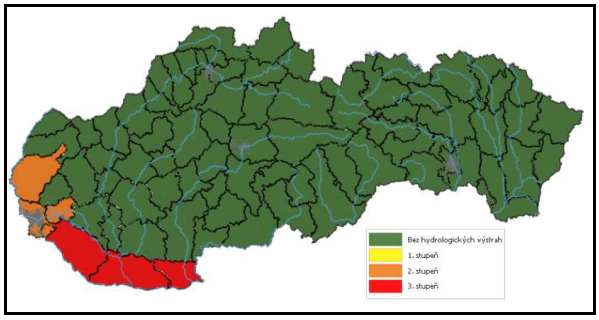
Od 2.6. do 13.6.2013 bola predpovedná povodňová služba na SHMÚ v nepretržitej prevádzke. Od pondelka 3.6.2013 PPS vydávala odhady a časy kulminácií. V tom čase ešte nekulminoval ani horný úsek Dunaja v Nemecku a Rakúsku.
Vysoká hladina Dunaja spôsobila vzdutie hladín na dolných úsekoch Moravy a Váhu, preto boli vydané hydrologické výstrahy na nebezpečenstvo povodne aj pre okresy Malacky, Galanta a Šaľa.
Celkovo bolo v období od 1.6. do 12.6.2013 v súvislosti so situáciou na slovenskom úseku Dunaja vydaných 16 hydrologických výstrah, z toho 5 výstrah 1. stupňa, 5 výstrah 2. stupňa a 6 výstrah 3. stupňa.



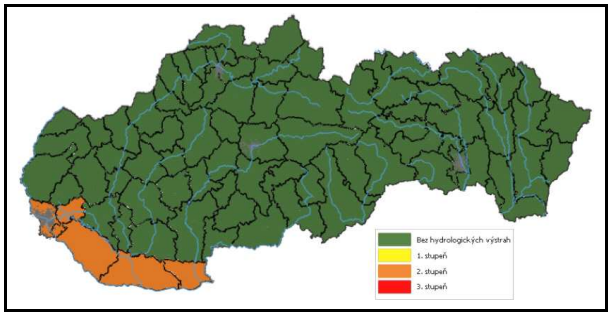
Obr. 13 Hydrologické výstrahy 2.6.2013 o 12:00



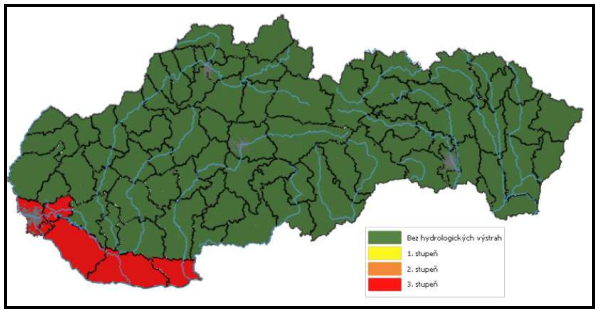
Obr. 14 Hydrologické výstrahy 3.6.2013 o 12:00 h



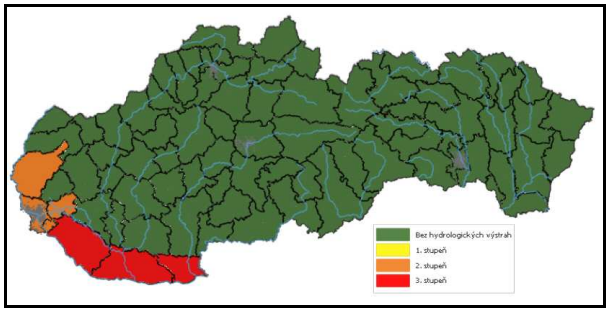
Obr. 15 Hydrologické výstrahy 9.6.2013 o 12:00



Obr. 16 Hydrologické výstrahy 2.6.2013 o 12:00



Obr. 17 Hydrologické výstrahy 3.6.2013 o 12:00



Obr. 18 Hydrologické výstrahy 9.6.2013 o 12:00

Záver

Z časového hľadiska povodňová situácia na slovenskom úseku Dunaja začala 31.05.2013 a pretrvávala takmer celý mesiac jún, keď celé povodie Dunaja veľmi citlivo reagovalo na výskyt dažďa aj v poklesovej fáze povodňovej vlny. Dokladom je výrazný vzostup hladiny 25.-26.júna v profile Bratislava, s prekročením hodnoty zodpovedajúcej 1. SPA. Ak by takéto zrážky spadli v prvej dekáde júna, (čo numerické meteorologické modely naznačovali, avšak napokon sa meteorologická situácia vyvinula priaznivejšie), znamenalo by to opätovný vzostup vodnej hladiny k úrovni zodpovedajúcej 3.SPA 12.-13. júna v Bratislave. Zrážky sa našťastie vyskytli len na bavorskom Dunaji, kde sa opätovne vyskytli povodňové kulminácie okolo 3200 m3/s.
Napriek významnosti povodňovej situácie a vysokým materiálnym škodám v nemeckej časti povodia Dunaja, boli na slovenskom úseku Dunaja vďaka prijatým protipovodňovým opatreniam materiálne

škody len minimálne. Táto skutočnosť potvrdzuje vysokú efektívnosť prostriedkov vynaložených na protipovodňovú ochranu v porovnaní s možnými materiálnymi škodami, ktoré by bez takejto ochrany vznikli.
Vzhľadom k tomu, že protipovodňová ochrana bola vybudovaná nielen na našom území, ale aj v hornej časti povodia Dunaja v Nemecku a Rakúsku a je predpoklad, že bude budovaná aj v ďalších úsekoch, je možné očakávať, že pri rovnakých prietokoch budú dosahované vyššie hodnoty kulminačných vodných stavov.

Literatúra

LEŠKOVÁ, D., a kol.: Príčiny, vznik a vývoj povodne na Dunaji, Vodohospodársky spravodajca 7-8, 2013

DANÁČOVÁ, Z., a kol.: Povodeň na Dunaji z pohľadu režimovej hydrológie, Vodohospodársky spravodajca 7-8, 2013

MATOKOVÁ, K., a kol.: Povodeň na Dunaji v júni 2013 – mimoriadna správa o povodni, SHMÚ Bratislava, 2013

Historic flood on Danube River in June 2013 and its impacts on groundwater level and regime

Historic flood on the Danube River occurred in June 2013. The surface water discharge in the river Danube increased to 10.540 $m^3.s^{-1}$ during culmination in Bratislava on the 6th June 2013. Direct surface water and groundwater hydraulic interaction in Žitný ostrov area caused significant increase of groundwater level during the flood wave in this area. Based on the measured data from the state groundwater monitoring network and processed maps of groundwater level and maps of depth of groundwater below surface the paper analyses the changes in groundwater regime in Žitný ostrov area during the flow wave, including the approximate delimitation of the areas where groundwater level reached or almost reached the terrain.

Key words

flood, state groundwater monitoring network, groundwater level, depth of groundwater below the surface

Zhodnotenie povodňových situácií na dolnom Ipli
Assessment of flood situations of the lower stream of the Ipli

Jurica J., Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, odštepný závod Banská Bystrica, Správa Povodia Dolného Hrona a Dolného Ipľa, juraj.jurica@svp.sk
Michalková J., Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, odštepný závod Banská Bystrica, Správa Povodia Dolného Hrona a Dolného Ipľa, jarmila.michalkova@svp.sk

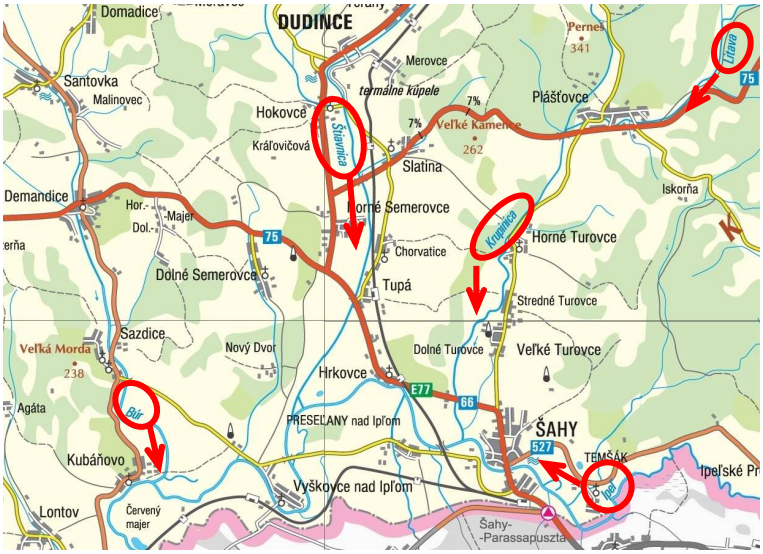
Abstrakt : Príspevok sa zaoberá historickými a súčasnými povodňovými situáciami dolného toku Ipeľ a jeho prítokmi so zameraním na obec Plášťovce. Obec je opakovane ohrozovaná veľkými prietokmi toku Krupinica a jeho prítoku Litava. Na zabezpečovacie práce sú vynakladané značné finančné prostriedky. Často sa opakujúce povodňové situácie v obci boli už v minulosti riešené rôznymi protipovodňovými opatreniami, ktoré sa zhodnotia. Predostrie sa aj návrh na nové opatrenia, ktoré sú v súčasnosti vo výstavbe, ako aj zámer vypracovaný v rámci Plánu manažmentu povodňového rizika.
Abstract : The contribution deals with historical and current flood situations of the lower stream of the Ipeľ and its tributaries focusing on the village of Plášťovce. The village is repeatedly threatened by high flow of the stream Krupnica and its tributary the Litava. Significant financial means has been invested in safety works. The often repeated flood situations in the village werw being solved in the past by various anti-flood measures that will be evaluated here. I will also present a proposal of new measures that are under construction these days as well as well as an intention elaborated within the Flood Risk Management Plan.

Kľúčové slová : dotoková doba, zabezpečovacie práce, úpravy na toku, Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR 2011, Plán manažmentu povodňového rizika

Povodňové situácie na dolnom Ipli

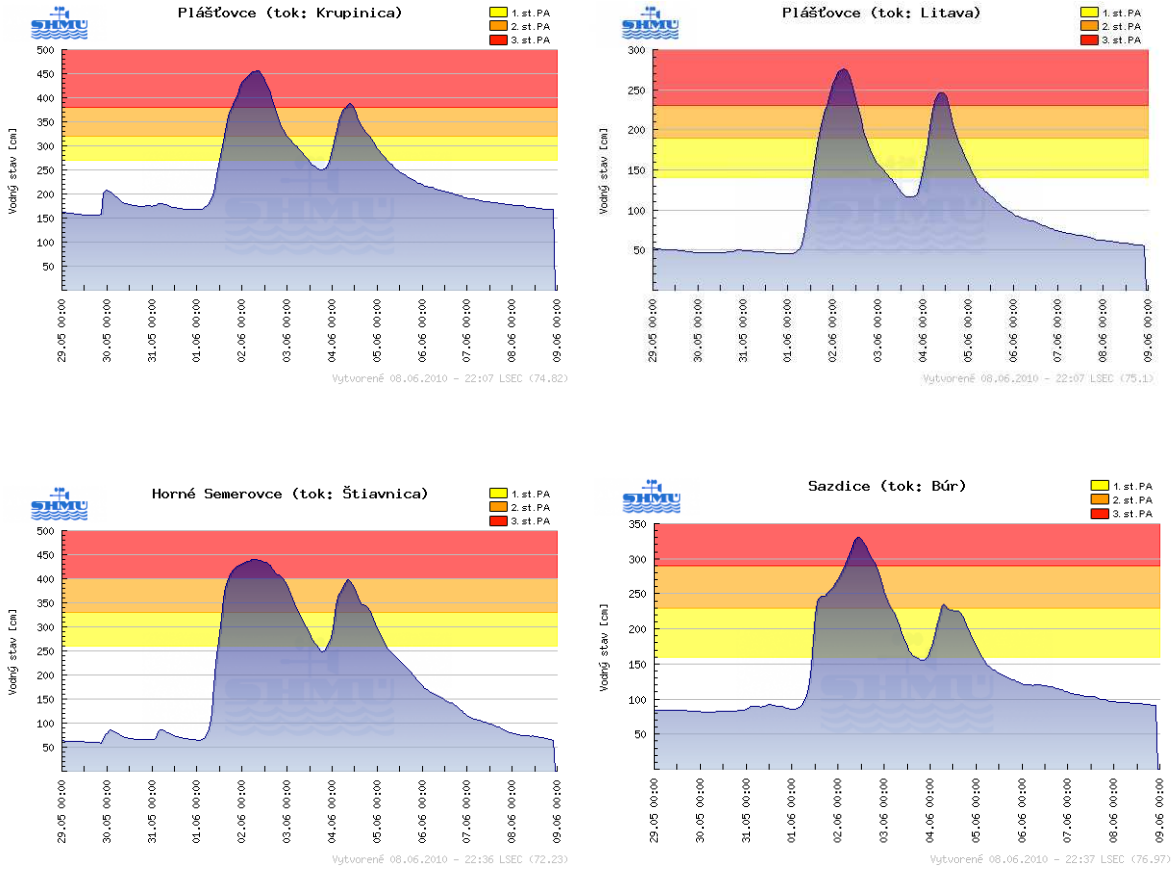
Ipeľ je jedna z dlhších riek Slovenska a ľavostranný prítok Dunaja. Celkovú dĺžku má 232,5 km, z toho 140 km tvorí hranicu s Maďarskom. Dolný tok Ipľa na území SR má medzi mestom Šahy a obcou Ipeľský Sokolec 5 pravostranných prítokov, z toho toky Štiavnica, Krupinica a Búr patria medzi významné prítoky čo do vodnatosti. Z tohto dôvodu je nutné vykonávať také opatrenia, aby sa zamedzilo na najvyššiu možnú mieru zlúčeniu jednotlivých povodňových vĺn v toku Ipeľ.

Obr. č.1 Časť vodohospodárskej mapy dotknutého územia

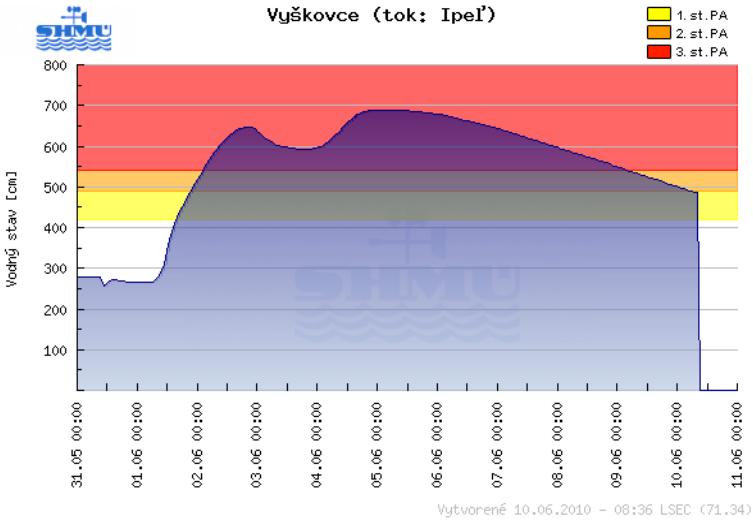


Potreba poznania dotokových dôb vyplýva z nutnosti predpokladu ich časových postupností. Ide hlavne o prípady, kedy sa zvýšené prietoky na prítokoch spájajú a vlievajú do už zvýšeného prietoku hlavného toku.

Graf č. 1 Prehľad výšok vodných hladín na prítokoch toku Ipeľ



Graf č. 2 Povodňová vlna v júni 2010 na dolnom toku Ipeľ



V júni roku 2010 sa povodňové prietoky na úrovni III. stupňa PA z tokov Štiavnica, Krupinica, Litava a Búr dostávali do toku Ipeľ, ktorého hladina dosahovala tiež tretí stupeň PA z horných častí jeho povodia. Pri nepoznaní dotokových dôb bolo veľmi obtiažne predpokladať kulmináciu toku, ktorá bola dôležitá z hľadiska ochrany obcí, nakoľko sa hladina toku pohybovala až na úrovni koruny ochrannej

hrádze. V týchto situáciách je nutné poznanie dotokových dôb, ktoré nám dokážu určiť pohyb kulminačného prietoku. Predpoklad stúpania či klesania hladiny vody je rozhodujúci pri takých závažných krokoch, akými sú napr. evakuácia obyvateľstva.

Plášťovce

Severne od Šiah, v strede historickej Hontianskej župy, vo východnej časti dnešného Levického okresu, na maďarsko-slovenskej jazykovej hranici a hlavne v údolí pri sútoku vodohospodársky významných vodných tokov Litava a Krupinica sa nachádza obec Plášťovce s cca 1500 obyvateľmi.

Obr.č.2 – Ortofotomapa obce Plášťovce a vodohospodársky významných vodných tokov Litava a Krupinica



Prevažná časť intravilánu obce sa nachádza v ohrozenom (inundačnom) území povodí obidvoch tokov. Tok Krupinica tečie severozápadne extravilánom obce. Je neupravený, so silnou brehovou vegetáciou, ktorá stabilizuje priečny profil. V bezprostrednej blízkosti toku je ČOV, zástavba obce je cca 170m od toku. Ľavostranný prítok Krupinice v r.km 11,300, v tesnej blízkosti pod intravilánom, je tok Litava. Tok tvorí takmer v celej dĺžke juhovýchodnú hranicu intravilánu obce Plášťovce. Napriek tomu, že tok je upravený, dochádza k vybrežovaniu toku počas povodňových prietokov, ktoré sú zapríčinené hlavne búrkovou činnosťou.

Povodne v obci

Obec Plášťovce je ohrozovaná povodňovými prietokmi z obidvoch tokov – Krupinice aj Litavy. Ide hlavne o povodňové situácie zapríčinené lokálnymi zrážkami, alebo v jarnom období v časoch topenia sa snehu. V poslednej dobe je spozorovaný nárast intenzity zvýšených prietokov, ako aj frekvencia ich výskytu. Obec bola v minulosti riedko obývaná, ale hlavne výstavba bola riešená na vyššie položených miestach. V nedávnej dobe sa zástavba rozšírila do blízkosti toku Litava a naďalej sa zvyšuje napriek tomu, že zasahuje do inundácie veľkých vôd. Týmto spôsobujú povodne v daných častiach obce veľké hmotné a morálne škody.

Z historických povodní sú známe záznamy o výškach hladín na tokoch z obce Plášťovce z roku 1928 a o prietokoch z roku 1931. Limnigrafická stanica na Krupinici bola vybudovaná v roku 1991. Je situovaná v extraviláne obce nad ľavostranným prítokom Litava, v r.km 11,800 s plochou povodia 302,79 km^2. Limnigrafická stanica na Litave je situovaná priamo v intraviláne obce v r.km 0,900 s plochou povodia 214,27 km^2. Prevádzkovateľom staníc je SHMÚ.

Tabuľka č.1: Povodňové stupne na tokoch Litava a Krupinica na LS v Plášťovciach

tok	I. stupeň PA	II.stupeň PA	III.stupeň PA
Krupinica	270	320	380
Litava	140	190	230

Tabuľka č.2: Povodňové situácie v obci Plášťovce

rok	tok	dátum	udalosť	Hladina/stupeň PA
1996	Krupinica	1.-2.5.	Zatopených 22 rodinných domov	
1999	Krupinica	marec	Topenie snehu	
	Litava	18.-30.6	Výdatné zrážky	
	Krupinica, Litava	7.-16.7.	Intenzívne búrky	410 cm / III. st.PA 110cm / I.st.PA
2005	Krupinica	19.3.	Topenie snehu	357 cm / II.st.PA
	Litava	19.3.	Topenie snehu	220 cm / II.st.PA
	Krupinica, Litava	21.4.	Výdatné zrážky	370 cm / II.st.PA 190 cm / II.st.PA
	Krupinica, Litava	26.4.	Výdatné zrážky	380 cm../ III.st.PA 220 cm / II.st.PA
	Krupinica	7.12.	Dážď a topenie snehu	320 cm../ II.st.PA
2006	Krupinica	27.3 – 4.4.	Výdatné zrážky a topenie snehu	265 cm / I.st.PA
2009	Krupinica, Litava	23.12. – 7.1. 2009 - 2010	Výdatné zrážky a topenie snehu	417cm / III.st.PA 151cm / I.st.PA
2010	Krupinica	26.2. – 5.3.	Výdatné zrážky a topenie snehu	362cm / II.st.PA
	Krupinica	15.4. – 7.5.	Výdatné zrážky	321cm / II.st.PA
	Krupinica, Litava	15.5. – 31.5.	Výdatné zrážky	364cm / II.st.PA 247cm / III.st.PA
	Krupinica, Litava	1.6. – 29.10.	Výdatné zrážky	456cm / III.st.PA 276cm / III.st.PA
	Litava	16.8. – 23.8.	Výdatné zrážky	244cm / III.st.PA
	Krupinica	22.11. – 17.12.	Výdatné zrážky	333cm / II.st.PA
2013	Krupinica, Litava	25.2.	Výdatné zrážky	341cm / II.st.PA 236cm / III.st.PA
	Krupinica, Litava	31.3.	Výdatné zrážky	441cm / III.st.PA 247cm / III.st.PA
	Krupinica, Litava	3.5.	Výdatné zrážky	271cm / I.st.PA 141cm / I.st.PA

Povodňové prietoky, hlavne toku Litava, sú charakteristické ich rýchlym vzostupom. Už pri prietokoch nad II. stupňom PA musí byť obec ochraňovaná výstavbou druhotnej ochrannej hrádze tzv. zajačou hrádzkou. Najhoršia situácia v obci bola zaznamenaná v júni 2010, kedy na ochranu obce bolo použitých 3500 vriec s pieskom. Značným meandrovaním toku sa podmýva koreňový systém pobrežnej vegetácie, vznikajú vývraty a následne zátarasy. Je nutné okamžité odstránenie zátarasu, nakoľko dochádza k vybreženiu toku priamo v intraviláne obce. V takýchto situáciách má technika obtiažny až znemožnený prístup k toku vďaka podmočenému terénu. Správca tokov vynakladá každoročne nemalé finančné prostriedky nielen na zabezpečovacie práce, ale aj na prevenciu – technicko-pestovateľské zásahy ako elimináciu vzniku vývratov a zátarasov.

Úpravy na tokoch Krupinica a Litava v minulosti

Tok Krupinica má celkovú dĺžku 68,6 km, z čoho iba 4,614 km je upravený. Úpravy toku sú v meste Krupina – horná časť toku, od r.km 40,100 – po r.km 42,868, v dolnej časti toku v obci Veľké Túrovce a v meste Šahy – priamo v záustnej časti. Napriek tomu, že v úseku katastrálneho územia Plášťovce je tok neupravený, jeho brehy sú zastabilizované brehovou vegetáciou a nedochádza v tejto časti toku k jeho meandrovaniu.

Tok Litava má celkovú dĺžku 47,8 km, z čoho iba 1,295 km je upravená časť toku. Úprava bola realizovaná od r.km 0,650 – po r.km 1,945 v rokoch 1979-1984. Riešila napriamenie trasy v intraviláne obce a vytvorenie brehových línií pomerne silne meandrujúceho toku. Koryto toho času nepreviedlo ani 1.ročné prietoky. Priečny profil bol dimenzovaný a upravovaný na Q_{100} = 80 m^3s^{-1} s bezpečnosťou 43 cm. Tvar profilu je dvojitý lichobežník so šírkou kynety v dne 8 m , šírkou bermy

3,5 m. Priečny profil je zapustený do terénu v min. kolmej výške 2,4 m. Opevnenie priečneho profilu sa skladá z päty svahu zaistenou pätkou z náhadzky z lomového kameňa. Svahy kynety boli opevnené polovegetačnými prefabrikátmi uloženými do štrkopieskového lôžka. Zostatok priečneho profilu bol ohumusovaný a osiaty. Pozdĺžny sklon nivelety dna bol zastabilizovaný 13-mi kamennými prahmi. Prechodom veľkých vôd sa úprava toku narúšala. V rámci opravy povodňových škôd sa vynaložili veľké prostriedky na udržanie projektovaného stavu. Polovegetačné prefabrikáty, ktoré boli značne narúšané, boli postupne v namáhaných častiach toku nahradzované opevnením z lomového kameňa. Kamenné stabilizačné prahy sú natoľko narušené, že neplnia svoju funkciu. V súčasnosti je tok značne zanesený, šírka kynety je do veľkej miery zúžená. Meandrovaním toku sa vytvárajú nánosy a výmole.

Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR 2011 – obec Plášťovce

V roku 2010 a 2011 sa na celom Slovensku preferuje projekt „Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR 2011“. Obce si v rámci tohto projektu riešia protipovodňovú problematiku.

V projekte pre obec Plášťovce sa konštatuje, že vybudovanými opatreniami dôjde:

- K zlepšeniu stavu drobných tokov
- Prispeje k zníženiu rýchleho odtoku vody z ich korýt
- Napomôže zlepšiť stav účelových ciest
- Zabezpečí vytvorenie vodozádržných opatrení s minimálnou kapacitou **30 000 m^3.**

Celkový rozpočtovaný náklad na vodozádržné opatrenia v Plášťovciach boli v hodnote **94 900,00 €.**

Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR 2011 – Obec Plášťovce bol zrealizovaný za 8 mesiacov bez povolení, súhlasov, stanovísk a bolo vybudovaných niečo cez 100 vodozádržných opatrení bez majetkového vysporiadania. Predkladáme Vám pre porovnanie skutočné vyhotovanie a ich funkčnosť po dvoch rokoch.

Obr.č.3– Kamenná prehrádzka foto z 2012



foto z roku 2013

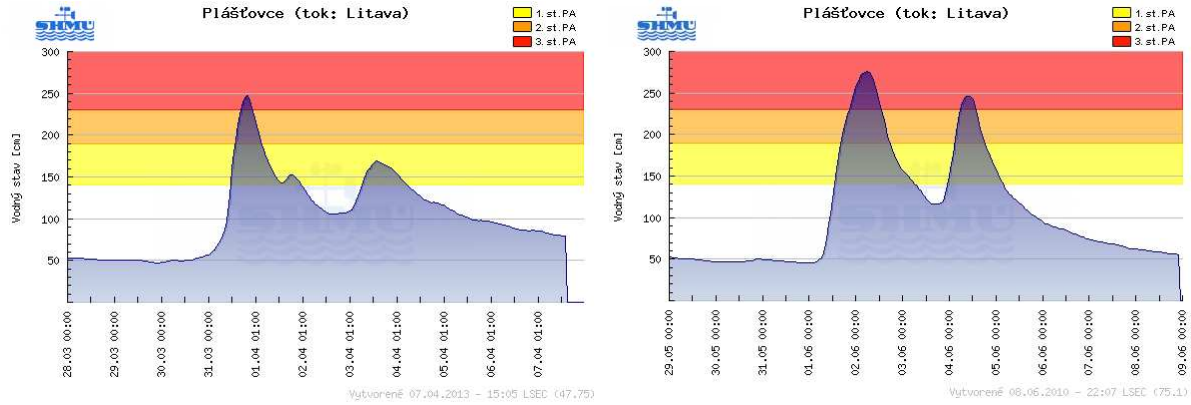


Obr.č.4 – Zanesená vodozádržná prehrádzka foto z 9.5.2013



Problém Programu revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR 2011 nepozostáva len v tom, že boli realizované bez potrebných povolení a stanovísk neodbornými pracovníkmi, hlavne z radu nezamestnaných, ale v prvom rade jej údržba. V zmysle štúdie a zmluvy s obcou je uvedené, že tieto opatrenia budú minimálne raz ročne kontrolované a opravované obcou, v prípade potreby viackrát do roka po výdatných dažďoch a silných búrkach. Obce však nemajú dostatočné technické vybavenia na tieto činnosti, a ani finančné krytie na opravy. Význam týchto opatrení bez náležitej údržby sa stráca. Svedčia o tom aj nasledujúce grafy, na ktorých je zrejmý taký istý vzostup povodňovej vlny pred realizáciou programu a po nej.

Graf.č.3 - limnigraf pred realizáciou programu (8.6.2010) po zrealizovaní programu (7.4.2013)



Úpravy na tokoch Krupinica a Litava v súčasnosti a Plán manažmentu povodňového rizika

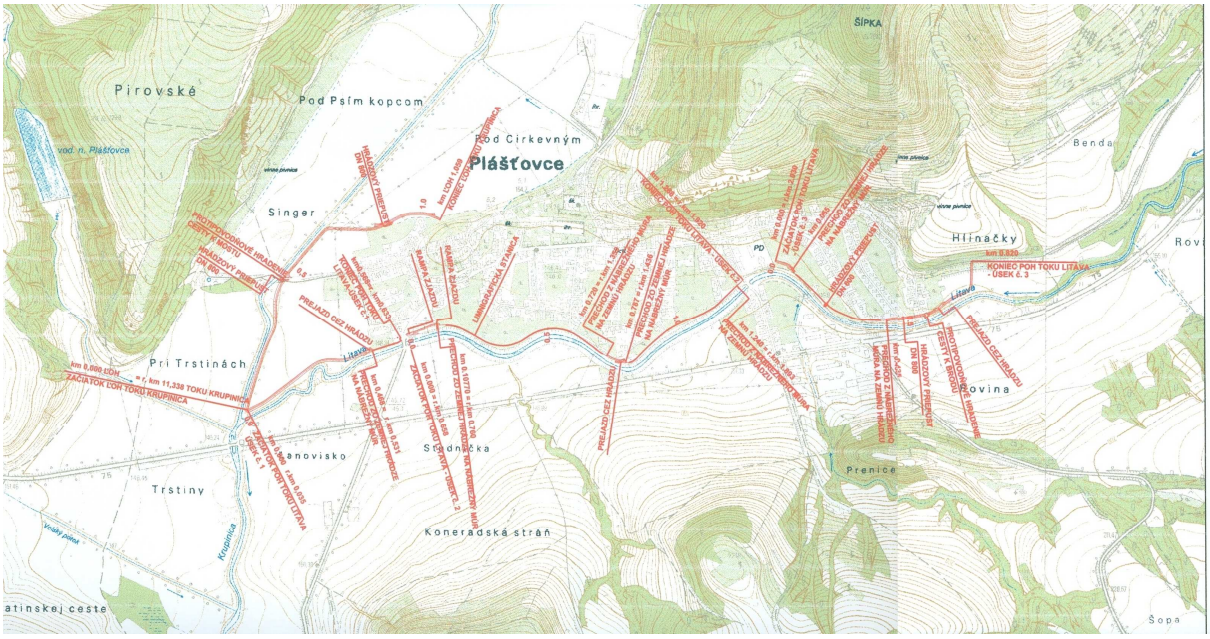
Nakoľko koncom 20. storočia a začiatkom 21. storočia dochádza k čoraz častejším výskytom povodňových situácií v obci Plášťovce, bolo rozhodnuté navrhnúť protipovodňové opatrenia, ktoré by ochránili obec od častých povodňových situácií a následných povodňových škôd.

V roku 2006 je Slovenským vodohospodársky podnikom, š.p., Odštepný závod Banská Bystrica vypracovaný projekt „Plášťovce, protipovodňové opatrenia na toku Litava a Krupinica“. Protipovodňové opatrenia navrhnuté správcom toku (naprojektované, so stavebným povolením),

opakovane neprešli výzvou, nakoľko nebol majetkovo vysporiadaný jediný pozemok, pri protipovodňových opatreniach v celkovej dĺžke 3 715 m. Z dôvodu, aby sa neukončila platnosť stavebného povolenia, bol správca toku nútený začať realizáciu projektu na vlastné náklady.
Obec Plášťovce sa z titulu opakovaných povodní III. stupňa PA dostala do programu Plán manažmentu povodňového rizika. Touto skutočnosťou sa protipovodňová ochrana Plášťoviec dostala do strategických plánov štátu v oblasti ochrany pred povodňami na nasledujúce obdobie. Zámer vypracovaný do programu vychádzal z projektu správcu toku „Plášťovce, protipovodňové opatrenia na toku Litava a Krupinica“.
Tento projekt rieši ochranu obce pred zvýšenými prietokmi Litavy a Krupinice, ktoré nenarúša urbanizáciu obce a neovplyvní životné prostredie ani v mieste stavby. Najpriaznivejším riešením je vybudovanie jednostranných ochranných hrádzi pozdĺž tokov Krupinica a Litava zo strany obce s doplňujúcimi objektami na odvedenie vnútorných vôd (hrádzové priepusty). V mieste križovania miestnej komunikácie k cestnému mostu na toku Krupinica a cesty k brodu na toku Litava budú ochranné hrádze prerušené. Toto prerušenie bude počas povodne hradené dočasným zariadením mobilnej protipovodňovej ochrany typu Eko-systém (tkzv. Pražský systém). Celé riešenie protipovodňovej ochrany má minimálny dopad na biodiverzitu tokov.
Riešenie protipovodňovej ochrany obce Plášťovce:

- Vybudovanie ľavostrannej ochrannej zemnej hrádze (ĽOH) toku Krupinica od sútoku v dĺžke 1 059,00m.
- Vybudovanie pravostrannej ochrannej hrádze toku Litava, ktorá nadväzuje nad sútokom tokov na ĽOH toku Krupinica. Zemná hrádza je kombinovaná s nábrežnými múrmi, kvôli stiesneným pomerom. Celková dĺžka hrádze – 2 656,00 m, z toho 1 120,70 m zemná hrádza a 1 535 ,30 m nábrežné múry.
- Odvedenie vnútorných povrchových vôd bude zabezpečené hrádzovými priepustmi v počte 5.
- Križovania miestnych komunikácii budú vynechané priechody a počas povodne budú zahradené mobilným protipovodňovým hradením Eko-systém v počte 2.
- Pre protipovodňovú ochranu obce Plášťovce hrádzami bol stanovený návrhový prietok:
  Krupinica – $\mathbf{Q_n=Q_{100}=140\ m^3.s^{-1}}$
  Litava – $\mathbf{Q_n=Q_{100}=85 m^3.s^{-1}}$
- Celkový náklad navrhnutej protipovodňovej ochrany je predpokladaný na **1 200 000 €**

Obr.č.2 – Situácia s navrhnutým riešením ochrany obce Plášťovce pred zvýšenými prietokmi na Litave a Krupinici



Záver

Obec Plášťovce je v priemere raz ročne skúšaná povodňovou situáciou. Nutnosť vykonať protipovodňové opatrenia v obci vyplývajú nielen z často sa opakujúcich povodňových aktivít na toku Krupinica a Litava, ale hlavne rýchlosťou nástupu povodňovej vlny. Realizáciou úpravy na toku, výstavbou ochranných hrádzí, značne znížime škody na majetku občanov, ako aj finančné náklady na zabezpečovacie a záchranné práce. Pomocou na realizáciu plánovaných opatrení bude aj zaradenie obce Plášťovce do Plánu manažmentu povodňového rizika SR. V rámci odštepného závodu v Banskej Bystrici je obec Plášťovce zaradená pre čiastkové povodie Ipeľ na **prvom mieste**. K zníženiu potrebných financií určite mohol prispieť aj „Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR 2011“, musela by však byť dodržaná podmienka trvalo udržateľného potenciálu vodozádržných opatrení. Bez údržby týchto zariadení strácajú svoju funkciu a opodstatnenie.

Opatrenia realizované len na vodnom toku sú však nedostačujúce. Je potrebná vzájomná spolupráca pracovníkov vodného hospodárstva, poľnohospodárstva a lesníctva. Súborom opatrení na celom povodí, ktoré budú zlepšovať vodné pomery môžeme dosiahnuť zníženie potrebných finančných prostriedkov na ochranu ľudí a majetku. Pod týmito opatreniami rozumieme hlavne zabraňovanie škodlivým zmenám odtokových pomerov, splachovaniu pôdy a dbať o udržiavanie pôdnej vody a hlavne o zlepšenie retenčnej schopnosti územia, tak ako je to uvedené vo Vodnom zákone v §30 Všeobecné povinnosti.

Zoznam literatúry :

1. *Predajniansky, Plášťovce, protipovodňové opatrenia na toku Litava, projekt stavby*
2. *Súhrnné správy z povodňových aktivít*
3. *Chrančok, Plášťovce – úprava potoka Litava, projekt stavby*
4. *Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR 2011, Obec Plášťovce, štúdia*

Technicko-bezpečnostný dohľad nad OH Dunaja, Moravy, Váhu a Ipľa počas extrémneho povodňového zaťaženia v roku 2013

Bakeš, M. - Kasana, A. - Nikolaj, M., VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA Š.P.,
martin.bakes@vvb.sk, andrej.kasana@vvb.sk, maros.nikolaj@vvb.sk
Simanová, I., SVP š.p. OZ Bratislava, iveta.simanova@svp.sk

Abstrakt

V roku 2013 boli ochranné hrádze Dunaja, Moravy, Váhu a Ipľa zaťažené extrémnymi povodňovými prietokmi, ktoré preverili ich bezpečnosť a taktiež preverili prevádzkyschopnosť objektov na ochranných hrádzach. Zamestnanci VODOHOSPODÁRSKEJ VÝSTAVBY Š.P. ako štátnej organizácie poverenej výkonom technicko-bezpečnostného dohľadu v spolupráci so špecialistami správcu ochranných hrádzí vykonávali počas povodňového zaťaženia technicko-bezpečnostný dohľad vo zvýšenom rozsahu. V príspevku sú uvedené výsledky technicko-bezpečnostného dohľadu so zameraním sa na extrémne povodňové javy a zistené anomálie spolu s výstižnou fotodokumentáciou.

Kľúčové slová

Technicko-bezpečnostný dohľad, štátna poverená organizácia, bezpečnosť vodných stavieb, povodeň, povodňové zaťaženie, ochranné hrádze, Dunaj, Morava, Váh, Hron, Ipeľ.

Technicko-bezpečnostný dohľad nad ochrannými hrádzami

V zmysle vodného zákona č. 364/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov je odborný technicko-bezpečnostný dohľad nad vodnými stavbami špecializovaná činnosť zameraná na zisťovanie technického stavu vodných stavieb, ktorých poškodenie môže spôsobiť ohrozenie priľahlého územia, života ľudí a majetku najmä uvoľnením vzdúvanej alebo zadržiavanej vody. Ochranné hrádze sú vodnými stavbami, pri ktorých je riziko vzniku havárie s uvoľnením vzdúvanej a zadržiavanej vody len počas ich zaťaženia povodňovými prietokmi. Ochranné hrádze Dunaja, Moravy, Malého Dunaja, Váhu, Hrona a Ipľa sú vodnými stavbami zaradenými do I. a II. kategórie vodných stavieb, preto správca uvedených ochranných hrádzí zabezpečuje nad nimi odborný technicko-bezpečnostný dohľad dohľad prostredníctvom štátnej poverenej organizácie, ktorou je už od roku 1975 VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA Š.P.

Na rozdiel od priehrad, hatí a odkalísk dochádza pri ochranných hrádzach k rýchlemu a neplánovanému zaťaženiu vodou. Taktiež dĺžka zaťaženia ochranných hrádzí vodou je vopred neznáma a aj keď sa dá spravidla hovoriť o dňoch a len výnimočne o týždňoch, pri ochranných hrádzach z miestnych materiálov, vybudovaných na priepustnom podloží so „zavesenou“ podzemnou tesniacou stenou dochádza v podloží veľmi rýchlo k vzostupu hladín podzemných vôd a v telese hrádze k vzostupu depresnej krivky. Pritom sa na rozdiel od priehrad v prípade ochranných hrádzí jedná o líniové stavby, ktoré sú dlhé desiatky kilometrov, majú rôznorodé podložie, v rámci historického vývoja sa etapovite budovali, rekonštruovali a nadvyšovali, ich priečny rez je premenlivý a o zabudovaných materiáloch nemáme dostatočné informácie, ich inštrumentácia merným zariadením je výrazne slabšia ako u priehrad, sú v tesnom kontakte s intravilánom a s poľnohospodárskym využívaním pozemkov a pod.

Uvedené skutočnosti vyvolávajú potrebu osobitného prístupu v rámci technicko-bezpečnostného dohľadu k ochranným hrádzam. Technicko-bezpečnostný dohľad nad ochrannými hrádzami využíva hlavne výsledky pozorovaní stavu hrádzí a ich objektov, meranie hladín a zanášania vo vrtoch v telese a v podloží hrádze a v meraní deformácií telesa hrádze a jej objektov. Meraniami a pozorovaniami počas priemerných a podpriemerných prietokov tokov získavame databázu, ktorej spracovaním a zhodnotením je možné zistiť anomálie a indikácie možných porúch, ktoré sa dajú ďalej analyzovať pri využití matematického modelovania a špeciálnych meraní, aby bolo možné včas odporučiť prípadné sanačné opatrenia, alebo upozorniť správcu ochrannej hrádze na úseky, ktorým

bude potrebné počas povodňových prietokov venovať zvýšenú pozornosť. Avšak ani najlepším matematickým modelovaním sa nedá nahradiť možnosť získať výsledky meraní a pozorovaní počas povodňového zaťaženia, preto sa počas prechodu povodňových prietokov vykonávajú merania a pozorovania vo zvýšenej hustote a sú sprevádzané aj realizáciou špeciálnych meraní (spravidla geofyzikálnych karotážnych meraní).

Povodňové zaťaženie ochranných hrádzí v júni 2013

Príčinám, vzniku a vývoju povodne na Dunaji a na jeho prítokoch v júni 2013 sa v rámci konferencie MANAŽMENT POVODÍ A POVODŇOVÝCH RIZÍK 2013 venuje viacero vedeckých príspevkov, preto len stručne uvádzame, že príčinou povodňových prietokov Dunaja na našom území v júni 2013 boli výdatné úhrny zrážok v nemeckej a rakúskej časti povodia Dunaja v závere mája a na začiatku júna. Na našom území začal vzostup vodnej hladiny v piatok 31.5. ráno, pričom bol v Devíne zaznamenaný počas nasledujúcich 24 hodín (do 1.6.) výrazný vzostup o 280 cm. Nakoľko zrážky v hornej časti povodia prechodne ustali, nastala aj prechodná ustálenosť hladiny Dunaja. Od 2.6. výrazný vzostup vodných hladín pokračoval a pretrvával až do 6.6., kedy hladina kulminovala v Devíne o 15:15 hod. na úrovni 974 cm a v Bratislave o 2 hodiny neskôr na úrovni 1034 cm. Následne vplyvom spätného vzdutia došlo k výraznému vzostupu hladiny i na všetkých zavzdutých úsekoch prítokov Dunaja na našom území - tokov Morava (a následne Malina), Váh (a následne Malý Dunaj), Hron a Ipeľ.

V nasledujúcich kapitolách sú popísané výsledky technicko-bezpečnostného dohľadu so zameraním sa na extrémne povodňové javy a zistené anomálie spolu s fotodokumentáciou, pričom je text členený z hľadiska technicko-bezpečnostného dohľadu na samostatné vodné stavby.

Ochranná hrádza Moravy

Ochranná hrádza (ďalej aj OH) Moravy plnila svoju funkciu počas povodňového zaťaženia správne, avšak lokálne boli zaznamenané plošné priesaky aj vývery s vynášaním materiálu. Hladina podzemných a priesakových vôd v pozorovacích vrtoch dosahovala takmer úroveň terénu a v niektorých vrtoch ju dokonca prekonávala a dochádzalo k výtoku vôd z vrtov, preto boli takéto vrty následne sanované vrecami s pieskom na zavzdutie a vytvorenie hydrostatického tlaku.



OH Moravy – „vrecovanie“ pri vrte č. 156 dňa 5.6. (vľavo) a 7.6.2013 (vpravo)



OH Moravy – zatápanie lokálnej depresie pri vrte č. 158 na päte hrádze dňa 5.6. (vľavo) a 7.6.2013 (vpravo), kde je zhlavie vrtu už cca 10 cm pod hladinou

V oblasti novovybudovaného vrtu č. 155 došlo k vzniku kaverny a následne dňa 5.6.2013 k vzniku prepadliny pod korunou a vzdušným svahom hrádze, ktorá spôsobila zavalenie vrtu č. 155. Vrt č. 155 mal pôvodnú hĺbku 17,58 m a po zavalení mal hĺbku len 3,12 m. Prepadlina mala tesne pod korunou hrádze rozmery cca 150 cm x 120 cm a bola následne sanovaná cca 6 m^3 sypkého hlinitopiesčitého materiálu za pomoci kráčajúceho bagra. Pri sanácii muselo dôjsť ku odstráneniu zavaleného vrtu č. 155.



OH Moravy - kaverna a prepadlina pod korunou hrádze pri vrte č. 155, 5.6.2013



OH Moravy - odkopávanie kaverny pri vrte č. 155, 5.6.2013



OH Moravy - odkopávanie kaverny po odstránení vrtu č. 155, 5.6.2013

Ochranné hrádze Dunaja a Moravy na území Bratislavy

Zhodou okolností sa v dňoch 4. a 5. júna uskutočnila komisionálna prehliadka ochranných hrádzí na území Bratislavy za účasti zamestnancov štátnej poverenej organizácie a orgánu štátnej vodnej správy.

Počas povodňových prietokov v Devíne dochádzalo k priesaku cez dilatácie betónového múrika, kde boli správcom toku vybudované kazety s vrecami naplnenými pieskom. Úroveň hladiny toku v Devíne stúpla na úroveň len 21 cm pod hornú hranu mobilných hradení, múriku a ochrannej hrádze (V Devínskej Novej Vsi len 20 cm). Podobne ako pri ochrannej hrádzi Moravy aj v Devíne dochádzalo k vytekaniu vody cez poklop vrtu č. 51.

V úseku od hraničné prechodu s Rakúskom po napojenie hrádze na Viedenskú cestu vznikli viaceré vývery a plošné zamokrenia, ktoré boli sanované vrecami s pieskom. Hrádza Bratislava – Wolfstahl nie je vybudovaná na prietok Q_{1000} a tesniace jadro hrádze je ukončené cca 75 cm pod korunou hrádze, čiže nie je zabezpečená výška tesnenia hrádze ani na Q_{100}.

Dňa 6.06.2013 bola zabezpečená sanácia povodňových javov v okolí kolektoru produktovodu Slovnaftu, a.s. medzi Malým Dunajom a bazénom prekládky ťažkých nákladov v úseku Starý – Nový objekt Malé Pálenisko. Spopod kolektoru produktovodu, ktorý vedie aj po korune OH Malého Dunaja vyvierala voda. Tá so sebou vyplavovala aj materiál hrádze Malého Dunaja. Hrozilo vytvorenie veľkých výmoľov a tým oslabenie stability hrádze. Na kolektor zo strany od Dunaja (prístavu) bola položená fólia priťažená vrecami s pieskom. Toto provizórne riešenie pomohlo znížiť presakujúce množstvo takmer okamžite.



Sanácia priesakov pri kolektore produktovodu, 6.6.2013

Problémy s presakujúcou vodou vznikli pri objekte Sklad č.7 patriaci ku komplexu Eurovea (pamiatkovo chránená budova).



Sanácia priesakov cez Sklad č.7, 6.6.2013

Ľavostranná ochranná hrádza Dunaja

V úseku Dobrohošť – Gabčíkovo vznikali už 5.6.2013 pri pôvodnej ľavostrannej ochrannej hrádzi (ďalej aj ĽOH) Dunaja pomerne početné vývery, zamokrenia a výtok vôd z pozorovacích vrtov. Taktiež boli identifikované úseky hrádze, kde je jej niveleta znížená a bolo potrebné ju preventívne nadvýšiť pomocou vriec s prieskom. K značnému zvýšeniu úrovne podzemnej vody nad úroveň terénu v úseku medzi stupňom Gabčíkovo a prístavom Gabčíkovo prispel rybník Dékány ako aj vykopané rybníky a jazerá v dvoroch rekreačných chát, prípadne rodinných domov.





ĽOH Dunaja v úseku Dobrohošť – Gabčíkovo, 5.6.2013



ĽOH Dunaja pri ČS Kľúčovec, nadvyšovanie koruny hrádze, 5.6.2013

Počas povodňových prietokov bolo zistené prepúšťanie viacerých stavidiel (napr. Lion a stavidlo v hkm 17,9). V meste Komárno boli zistené silné priesaky cez dilatácie a praskliny na celom úseku ochranného múra.

V priesakových kanáloch Iža a Maraska dochádza takmer pri každom povodňovom prietoku k vzniku výverov, preto správca vodnej stavby na kanáloch vybudoval provizórne prehradenia a štrkovými zásypmi. Taktiež boli pozorované priesaky v priesakových kanáloch Číčov-Lion, Bök – Lél a Obid.



Provizórna prehrádzka priesakového kanála 10.6.2013



Vývery do priesakového kanála 12.6.2013

Najväčšie vývery s výnosom materiálu boli identifikované v obci Kravany nad Dunajom, kde musel správca toku **vo vzdialenosti až cca 140 m od vzdušnej päty hrádze vybudovať štrkovú filtračnú vrstvu nad vývermi** s rozmermi 25x20 m. V tejto obci musel správca počas povodňových prietokov vybudovať aj dočasný záchytný a odvodňovací kanál s čerpacou jamou a pomocou ponorného čerpadla realizovať čerpanie priesakových vôd.



Výtery v obci Kravany nad Dunajom (foto SVP š.p.)



ĽOH Dunaja v obci Moča s plošnými priesaky cez hrádzu

Ochranné hrádze Váhu, Malého Dunaja, Hrona a Ipľa

Najvýznamnejšie plošné priesaky boli zaznamenané na takmer celom úseku ľavostrannej ochrannej hrádze Váhu a na pravostrannej ochrannej hrádzi Váhu v hkm 3,7 – 3,8; 4,4; 4,8 – 4,85; 5,0 – 5,1; 5,85 – 5,97; 6,1 – 6,3; 6,4 – 8,5; 9,2; 17,8 – 17,9; 18,3 – 18,7; 19,1 – 19,2; 20,2 – 20,6; 21,7 - 22,5 a na Malom Dunaji v hkm 2,7 - 2,8; 4,0 – 7,1; 11,0. Taktiež bolo zistené prepadnutie zeminy

VODNÉ NÁDRŽE – POVODNE A SUCHO

Bednárová, E., Stavebná fakulta STU Bratislava, emilia.bednarova@stu.sk
Minárik, M., Stavebná fakulta STU Bratislava, marian.minarik@stu.sk
Steranková, A., CABEX s. r.o., Bratislava, andreasterankova@gmail.com
Mackovjak, P., Vodohospodárska výstavba, š.p., odd. TBD Košice, peter.mackovjak@vvb.sk

Abstrakt
Úloha umelých vodných nádrží v spoločnosti je nezastupiteľná. Je to jediný nástroj, ktorým možno aspoň čiastočne redukovať nerovnomerné rozdelenie vody na Zemi v čase i v priestore. Bohatá, 7000 rokov stará história výstavby nádrží a priehrad je toho dostatočným dôkazom. Bez takýchto významných technických opatrení je nemysliteľné zmysluplne a racionálne hospodáriť s vodou, vytvárať zásoby vody pre obyvateľov, ale aj pre flóru a faunu v období sucha, či prispievať k ochrane spoločnosti pred povodňami v období extrémnych zrážok. V príspevku je pozornosť venovaná niektorým závažným otázkam, ktoré súvisia s významom nádrží v spoločnosti i s ich pozitívnymi a negatívnymi dopadmi na životné prostredie.

Abstract
WATER RESERVOIRS - FLOODS AND DROUGHTS. The role of artificial water reservoir in society is indispensable. They are the only instrument which can at least partially reduce the uneven distribution of water on Earth at the time and in the space. Rich, 7000 year old history of reservoir and dams construction is sufficient proof thereof. Rational water management, creating water supplies for the population, but also for the flora and fauna in the dry period and contribution to the protection of society against flooding during extreme rainfall is without reservoirs unthinkable. The paper deals with some important issues relating to the importance of reservoirs in society and their positive and negative impacts on the environment.

Kľúčové slová
Priehrada, nádrž, nadlepšený prietok, zásobná funkcia, ochranná funkcia, regulovanie prietokov, zabezpečenosť.

Keywords
dam, reservoir, storage function, retention function, regulation of discharges, reliability

Krátky pohľad do histórie výstavby nádrží a priehrad

Pri reálnom výskyte sladkej vody na Zemi a najmä pri jej nerovnomernom rozdelení v čase i v priestore je pochopiteľné, že história výstavby nádrží a priehrad siaha do ďalekej minulosti pred našim letopočtom. Historicky dokumentované dôkazy o výstavbe nádrží a priehrad v kolískach dávnovekých civilizácií na území Egypta, Mezopotámie, Babylonskej ríše, Perzskej ríše, Rímskej ríše atď. siahajú do obdobia až 4000 rokov p.n.l. (Jawa v Jordánsku, Mokhrablur v Arménsku), či 2900 rokov p.n.l. (Moeris na Níle v Egypte), ako aj známa priehrada El Kafara na Níle, postavená okolo roku 2700 p.n.l. a ďalšie.
Zo štátov Európy možno spomenúť najmä Španielsko, kde história výstavby priehrad má bohatú tradíciu. Na území Slovenska je história výstavby nádrží a priehrad spätá so začiatkom 16. storočia, kedy bola neďaleko Banskej Štiavnice v roku 1510 postavená prvá priehrada Veľká Vodárenská.
Významné postavenie vo vývoji priehradného staviteľstva na našom území však prináleží najmä 1. polovici 18. storočia, ktorému právom patrí prívlastok „Zlatý vek priehradného staviteľstva“. Jeho vývoj podnietil banský priemysel v Banskoštiavnických revíroch, kde sa najmä v 17. až 19. storočí ťažili zlaté, strieborné a iné vzácne kovy. Za účelom získania vodnej energie pre odčerpávanie podzemných vôd z banských štôlní, ale aj získania zásob vody pre technologické spracovanie rúd boli

v tejto oblasti, chudobnej na povrchové vodné zdroje vybudované umelé nádrže, tzv. tajchy. Z tejto unikátnej vodohospodárskej sústavy, ktorá si nesporne zaslúži náš obdiv, možno spomenúť napr. nádrže Rozgrund, Veľká Kolpašská, Dolná Vindšachtská, Veľká Vindšachtská, Malá a Veľká Richňavská, Otergrund, Dolnohodrušská, Počúvadlo, Belianska a i. (obr.1).



Ottergrund (Foto: Lipták, B.)



Veľká Richňavská (Foto: Lipták, B.)



Rozgrund (Foto: Bednárová,E.)



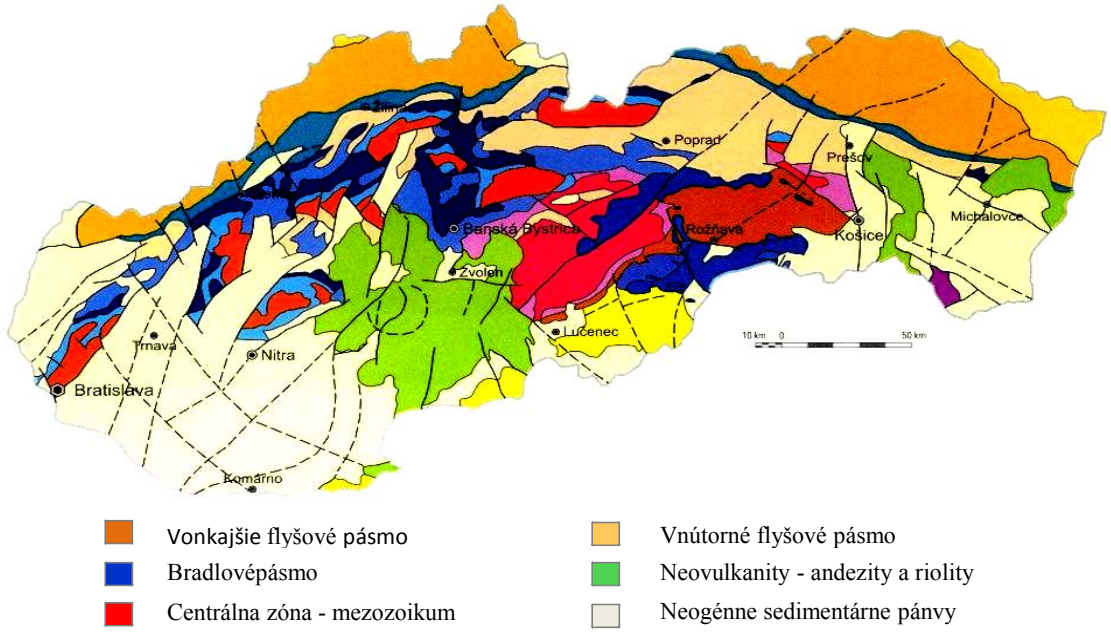
Belianska (Foto: Bakaljarová, M.)

Obr. 1 Štiavnické tajchy

V súvislosti s históriou rozvoja a výstavby vodných stavieb na území Slovenka nemožno nespomenúť aj také skvosty, akými sú Turčekovský banský vodovod z 15. storočia, vodné stavby na Spiši (Úhorná) a v Gemerskom regióne, ako významná súčasť ťažby rúd, alebo klauzúry, ktoré využívali vodu ako dopravné médium pri ťažbe a doprave dreva (Korytnica, Stošky, Bacúch, Hročok a i.). Koncom 19. ale najmä na začiatku 20. storočia, v súlade s programom elektrifikácie prvej ČSR z roku 1919 sa výstavba nádrží a priehrad spája predovšetkým s energetickými vodnými dielami. Tu stojí za zmienku napr. dômyselnú vodohospodársku energetickú sústavu Motyčky – Jelenec – Staré hory zo začiatku 20. storočia.

Súčasnosť vodných nádrží a priehrad na Slovensku

Slovensko našťastie nepatrí medzi krajiny s akútnym nedostatkom vody. Prečo sa potom stavali, stavajú a dúfajme že aj budú stavať tieto vodné stavby aj na našom území? Pretože severná oblasť územia Slovenska je súčasťou hydrologickej strechy Európy s dopadom na vysokú rozkolísanosť prietokov v tokoch, s typickým priebehom málovodných a vodných období a tiež preto, lebo územie našej republiky je poznamenané rozmanitou geologickou (obr.2) a hydrogeologickou skladbou, s rôznorodými zásobami podzemných vôd.



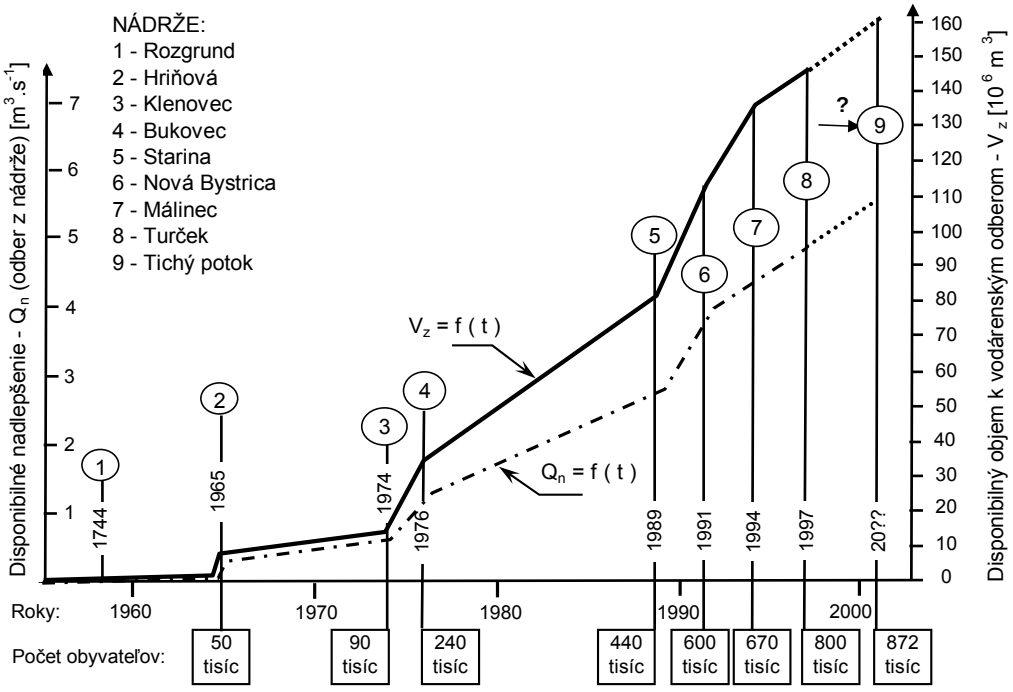
Obr. 2 Schéma vyjadrujúca geologickú skladbu územia Slovenska

A tak nerovnomerné rozdelenie vodného potenciálu, striedajúce sa obdobia sucha a výskyt povodňových prietokov determinovali výstavbu týchto dôležitých vodohospodárskych konštrukcií v minulosti. V súvislosti s akútnymi požiadavkami na protipovodňovú ochranu možno spomenúť napr. výstavbu VD Orava (1953), či VD Vihorlat (1965), alebo VD Liptovská Mara a i. Potreba výstavby nádrží a priehrad vyvstala tiež z dôvodov sociologických a najmä ekonomických v období po 2. svetovej vojne. Obnova a naštartovanie hospodárstva, rast životnej úrovne spätý s požiadavkou rozvoja priemyslu, poľnohospodárstva a energetiky, zásobovania obyvateľstva pitnou vodou podmienil výstavbu nádrží a priehrad, vodných stupňov či vodných elektrární (Vážska kaskáda). Tomuto povojnovému obdobiu hovoríme tiež „2. zlatý vek priehradného staviteľstva na Slovensku“
V súčasnosti máme na našom území cca 290 vodných nádrží, ktoré spadajú pod správu Slovenského vodohospodárskeho podniku, š.p. V nich možno akumulovať 1,896 mld. m^3 vody. Rozhodujúci podiel na tomto objeme majú hlavne veľké nádrže (50), ktoré sú zaradené do svetového registra veľkých priehrad (ICOLD – International Comittee on Large Dams). Plocha, zatopená umelými vodnými nádržami. nezaberá ani 0,5 % celkovej plochy Slovenska. Ako je zrejmé, po roku 1998 nastal vo výstavbe nádrží a priehrad u nás útlm. Snahy vodohospodárov presadiť výstavbu niektorých nádrží a priehrad sú dlhodobo v nemilosti rôznych ekologických a záujmových združení. Ich zásadne odmietavý postoj k výstavbe akejkoľvek nádrže v súčasnosti, či budúcnosti je často sprevádzaný neznalosťou, resp. v súlade so zámerom „byť zásadne proti“, bez podloženia logických argumentov, bez ponuky náhradného racionálneho riešenia, bez rešpektovania faktu, že aj človek je súčasťou životného prostredia, bez akceptovania skutočnosti, že hospodárenie s vodou pomocou nádrží (nadlepšovanie prietokov) je významným prínosom pre životné prostredie. V tomto ohľade majú pre spoločnosť významné postavenie predovšetkým vodárenské nádrže. Medzi plánovanými vodárenskými nádržami, ktorá vyvolala širokú diskusiu v odbornej i laickej verejnosti, ale najmä dlhodobo prezentovaný odpor zo strany občianskych združení je vodárenská nádrž Tichý potok. Argumenty pre a proti, najmä však proti výstavbe tejto nádrže boli a sú rôzne. Do akej miery sú tieto argumenty relevantné a opodstatnené možno ilustrovať krátkou analýzou, zameranou na pozitívne a negatívne dopady vodárenských nádrží na Slovensku.

Vodárenské nádrže na Slovensku – čo nám dali a čo nám vzali

Berúc do úvahy hodnotenia pozitívnych a negatívnych vplyvov nádrží a priehrad na životné prostredie sa tak u Chereta, ako aj u Pateru (Lukáč, M., Bednárová, E., 2006) vyskytujú viaceré spoločné aspekty. Pozitívne

vplyvy sú spravidla determinované samotnou funkciou vodného diela, vodohospodárskymi a spoločenskými požiadavkami na vodu, ako napr. zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou, zabezpečenie vody pre závlahy, priemysel, nadlepšovanie minimálnych prietokov a zlepšenie kvality vody v tokoch pod priehradou, ochrana pred povodňami, zabezpečenie podmienok pre využitie vodnej energie, zabezpečenie podmienok pre plavbu, rekreáciu a turistický ruch v okolí nádrže, chov rýb a i. Zo súboru negatívnych vplyvov to je najmä presídlenie obyvateľov zo zátopy, záber pôdy a pozemkov pre vybudovanie nádrže, riziko pre obyvateľov v údolí pod nádržou, znečistenie hlukom, prachom a inými vplyvmi počas výstavby, u plytkovodných nádrží možnosť rozvoja nemocí z vody, vplyv na flóru a faunu v zatopenom území a na brehoch nádrže, zmena režimu podzemných vôd v okolí nádrže, sedimentácia a zanášanie nádrže, abrázia brehov a zosuny na brehoch nádrže a ď.
Potrebu výstavby povrchových vodných zdrojov – vodárenských nádrží na našom území determinovali dva základné prírodné faktory. Geologická a hydrogeologická skladba územia, poznamenaná nedostatočnou kapacitou podzemných zdrojov pitnej vody a rozkolísanosť prietokov v podobe výskytu málovodného obdobia v 80-tych rokoch 20. storočia. V dôsledku toho bolo v minulom období (v druhej polovici 20. storočia) na Slovensku vybudovaných 7 vodárenských nádrží - Hriňová, Klenovec, Bukovec, Stariná, Nová Bystrica, Málinec a Turček.



Obr.3 Časový vývoj výstavby vodárenských nádrží na Slovensku vrátane pripravovanej nádrže Tichý potok

Aké sú negatívne a aké pozitívne dopady týchto nádrží na životné prostredie a pre spoločnosť? Pri získanom zásobnom objeme cca 145 mil.m^3 (obr.3) vyvstala požiadavka zaplavenia územia Slovenska vodárenskými nádržami okolo 9 km^2. K získaniu akumulačného priestoru vodárenských nádrží a zachovania ich ochranných pásiem bolo treba vysťahovať takmer 5100 obyvateľov, najviac v prípade nádrže Starina a Nová Bystrica (tab.1). S týmto nepopulárnym dopadom výstavby vodárenských nádrží sa dotknuté obyvateľstvo vyrovnávalo len veľmi ťažko, čo treba vnímať aj s odstupom času veľmi citlivo a s pochopením. Ďalšími negatívnymi dopadmi boli dočasné sprievodné javy, vyplývajúce z ich realizácie - prašnosť a hluk na dotknuté okolie počas výstavby. Zo súboru ďalších negatívnych vplyvov možno spomenúť abráziu brehov nádrží, zmeny hladín podzemných vôd a i. Podľa výsledkov meraní a pozorovaní však neboli tieto negatívne javy na vodárenských nádržiach zaznamenané. Vplyv výstavby týchto nádrží na flóru a faunu možno posúdiť len orientačne, nakoľko v tomto období (okrem nádrže Turček) neboli predmetné aspekty tak starostlivo sledované ako v súčasnej dobe (Marikovičová, A., 2012). Pri výstavbe VD Turček boli ohľadom flóry a fauny akceptované všetky požiadavky zo strany ochrancov prírody.

Základné parametre vodárenských nádrží Tabuľka 1

Názov	Rok výst.	Zatopená plocha	Celkový objem	Zásobný objem	Počet presídl. obyvateľov	Priem roč. dodávka	Dodané množstvo
		km^2	10^6 m^3	10^6 m^3	-	10^6 m^3	10^6 m^3
Hriňová	1965	0,55	7,38	7,20	16	7,83	287,70
Klenovec	1972	0,65	8,43	6,68	0	6,5	240,50
Bukovec	1976	1,02	23,40	20,03	0	8,48	296,97
Starina	1987	3,11	59,90	45,03	3463	17,75	443,50
N.Bystrica	1989	1,88	34,80	32,83	1200	6,6	158,40
Málinec	1993	1,38	26,62	23,71	400	3,97	75,44
Turček	1996	0,54	10,80	9,094	14	4,5	72
SPOLU		9,13	169,33	144,574	5093	55,63	1574,51

Pri sumarizovaní pozitívnych vplyvov vodárenských nádrží na spoločnosť sa do popredia dostáva ich hlavný účel – zabezpečovanie dostatočného množstva kvalitnej pitnej vody pre oblasti stredného a východného Slovenska. Pri ich priemernej ročnej dodávke 55,63 mil. m^3 pitnej vody do vodovodných sietí (tab.1) uspokojujú tieto vodné nádrže pri súčasnej nízkej špecifickej spotrebe cca 80 l vody za deň/obyvateľa takmer 1,90 mil. obyvateľov Slovenska. Pri priemernej spotrebe okolo 180 l/ob/deň to predstavuje uspokojenie cca 847 tis obyvateľov Slovenska. Pre Košický, Prešovský, Banskobystrický a Žilinský kraj (2955664 obyvateľov), ktorých sa to týka, to je takmer 29 % obyvateľov. Vo vzťahu k špecifickej spotrebe vody to je viac ako 64 %. Ak z tohto aspektu hodnotíme negatíva a pozitíva vplyvov týchto vodných diel na spoločnosť - po mnohé desaťročia zásobovanie státisícov obyvateľov pitnou vodou na jednej strane a nutnosť presídlenia cca 5000 obyvateľov na strane druhej – ich existencia je napriek preukázaným negatívam viac než opodstatnená. O tom nás presviedčajú závažné skutočnosti, preukázané ich doterajšou prevádzkou. Z hľadiska budúcnosti, pri vnímaní očakávaných klimatických zmien je zrejmé, že ich potreba bude narastať. V tejto súvislosti treba poznamenať, že vo vzťahu k spoločnosti majú vodárenské nádrže aj ďalší, nie menej dôležitý význam. Je to ich protipovodňová ochrana, výroba ekologicky čistej elektrickej energie v zabudovaných MVE a dotváranie krajinného rázu. Pre ilustráciu možno uviesť, že napr. rok 2010, bolo retenčnými priestormi nádrží Starina (8,17 mil. m^3) a Bukovec (0,98 mil. m^3) počas povodňových prietokov zadržaných viac ako 28 mil. m^3 vody. Je to význačný pozitívny prínos týchto nádrží pre spoločnosť. Za zmienku stojí fakt, že bez takýchto technických opatrení, akými umelo vytvorené vodné nádrže sú, by dopady povodňových prietokov, adekvátnych nielen roku 2010, boli nepredstaviteľné.
Závažným, zriedka spomínaným pozitívnym vplyvom umelých vodných nádrží na životné prostredie je nadlepšovanie prietokov v korytách pod priehradami, t.j. zvyšovanie minimálnych prietokov v málovodných obdobiach. Tento fakt, podobne ako ich podiel na protipovodňovej ochrane býva zo strany odporcov výstavby nádrží a priehrad zvyčajne opomínaný. Tak je tomu aj v kontroverznom, dlhodobo pripravovanom vodnom diele Tichý potok. Aj v jeho prípade, tak ako u spomínaných vodárenských nádrží treba vnímať všetky jeho funkcie komplexne.

Tichý potok – áno, alebo nie?

Je zrejmé, že do budúcnosti, aj vzhľadom na očakávané globálne zmeny klímy treba rátať s väčším podielom umelých vodných zdrojov – vodárenských nádrží - na zásobovaní konzumentov najmä väčších miest i aglomerácií pitnou vodou. V súvislosti s uvedenými globálnymi zmenami treba do budúcnosti počítať (Lukáč,M., Bednárová,E., 2001):

- s väčšou rozkolísanosťou prietokov (C_v), minimálnych i povodňových, so zmenou trvania málovodných a vodných období,
- s nárastom strát výparom z hladiny i evapotranspiráciou, s následnou potrebou vytvárania väčších zásobných objemov umelých vodných zdrojov – nádrží, a to nielen vodárenských, ale i slúžiacich k iným účelom (najmä nádrže s viacročným regulovaním),
- v dôsledku extrémnych povodňových prietokoch po predchádzajúcich suchých obdobiach, s rizikom nárastu erózie a strát na akumulovanom objeme vody v nádržiach (zosunmi, zanášaním a i.)

Uvedené predpoklady upozorňujú na potrebu hospodárneho využívania tak prírodných, ako aj umelých vodných zdrojov v budúcnosti. Skúsenosti poukazujú na fakt, že regulačné – umelé vodné zdroje – vodárenské nádrže sú najmä pri zásobení vodou veľkomiest a veľkých aglomerácií – rozhodujúcimi vodnými zdrojmi. V tejto súvislosti možno uviesť príklady niektorých veľkomiest vo svete (Berga, L., 1998), ako napr. Madrid (nádrž Pozo de los Ramos), Praha (nádrž Želivka), Los Angeles (nádrž Pleasent Valley), Sofia (Belij Iskar) atď.
Problém zásobenia našich 2 najväčších východoslovenských aglomerácií - Prešova a Košíc - môže v krátkej budúcnosti uspokojiť dávno pripravovaný veľkokapacitný vodný zdroj - nádrž Tichý Potok na Toryse. Odďaľovanie výstavby tohto veľkokapacitného zdroja má za následok zvyšovanie finančných nákladov a tiež ekologické dopady na deficit disponibilnej kapacity vodných zdrojov.
Ďalší efekt tohto zdroja spočíva v tom, že v súčasnosti využívaný doplnkový zdroj zásobenia Košíc a Prešova pitnou vodou – nádrž Starina – môže byť efektívnejšie využívaný pre konzumentov pre ktorých bol pôvodne určený, a to okresy Vranov, Michalovce a Trebišov. Ku konzumentom Prešova a Košíc môže byť voda z veľkokapacitného vodného zdroja Tichý potok dopravovaná ekologicky, pri minimálnej ekonomickej a energetickej náročnosti – gravitačne (na rozdiel od dopravovania vody zo Starinej).
K nezanedbateľným prínosom plánovanej vodárenskej nádrže Tichý potok treba priradiť aj protipovodňovú ochranu na rieke Torysa, nadlepšovanie prietokov pod priehradou, výrobu ekologicky čistej elektrickej energie a v neposlednom rade aj dotvorenie krajinného rázu krajiny.

Nádrže a priehrady ako súčasť protipovodňovej ochrany

Vždy, keď nás príroda prekvapí extrémami počasia, rozpúta sa diskusia, čo s tým. Dá sa povedať, že každá generácia zažila tak obdobia s nedostatkom vody, ako aj s jej prebytkom – s výskytom povodní. Často počujeme „toto tu ešte nebolo“. Treba však dodať, bolo – predtým, je a aj bude. Sú to zákony prírody, s ktorými ľudia zápasili od nepamäti. Svedčí o tom samotná história výstavby nádrží a priehrad, ale aj ochranných hrádzí, prívodných či zavlažovacích kanálov a ďalších vodohospodárskych stavieb i stavieb protipovodňovej ochrany.
Momentálne nás častejšie ako v minulosti trápia povodne. Vedú sa tu rôzne diskusie, ako čeliť povodniam, ale najmä - ako inak, než v minulosti. Často sme svedkami rozsiahlych polemík aj v súvislosti s realizáciou tzv. „Systémových opatrení pre znižovanie povodňových rizík“ ktoré sa na našom území vykonávali najmä v rokoch 2010 a 2011. A treba povedať, že tieto polemiky sa vedú právom. Slovensko je malá krajina a nemala by mrhať s tým najcennejším čo ešte má, s mozgovým potenciálom ľudí, ktorí tomu skutočne rozumejú. Veď povodniam, ich príčinám a dôsledkom, významu a opodstatnenosti stavieb protipovodňovej ochrany, vrátane komplexných prístupov riešenia problémov vznikajúcich z povodní sú venované rozsiahle vedecké práce, štúdie, analýzy, vedú sa široké diskusie, konajú sympóziá, konferencie. Základné faktory príčin povodní – extrémne opakujúce sa zrážky a následné vyčerpanie retenčnej schopnosti krajiny – sú všeobecne známe. Presvedčili nás o tom povodne z nedávnej minulosti - v rokoch 1997, 2002 ale najmä 2010 a svedkami toho sme aj v týchto dňoch. Dôsledky takýchto povodní, ako napr. v roku 2010, boli pre krajinu i spoločnosť fatálne. Treba však zdôrazniť, že nebyť významných technických opatrení, akými sú nádrže, ochranné hrádze, poldre a i. dopady takýchto extrémnych povodní by boli ešte katastrofálnejšie. Medzi mimoriadne dôležité poznatky, vyplývajúce z početných analýz, vedeckých a odborných štúdií, patrí fakt, že schopnosť krajiny zadržať vodu v čase intenzívnych zrážok spravidla neprekračuje 10 %. Pri extrémnych zrážkach, akými bol poznamenaný napr. rok 2010, ale aj napr. ostatné zrážky v Nemecku, ktoré vyvolali povodeň na Dunaji, je schopnosť krajiny zadržať vodu výrazne nižšia. Toto sú fakty, ktoré úzko súvisia s početnými, nie najšťastnejšími opatreniami tzv. protipovodňovej ochrany, ktoré sa na našom území realizovali v rokoch 2010 a 2011. Prehrádzky, či iné drobné revitalizačné opatrenia rôznej kvality nás nemôžu zachrániť pred veľkými vodami a už vôbec nemôžu nahradiť nezastupiteľné miesto umelých vodných nádrží pri hospodárení s vodou, pri vytváraní zásob v čase jej prebytkov pre obdobie jej nedostatkov. V súvislosti s povodňami účinnosť opatrení tohto druhu je minimálna, navyše, rozhodujúcou mierou závislá na morfológii a geológii prostredia. A bez rešpektovania týchto skutočností sa môže stať, že takéto opatrenia prinesú viac škody, ako osohu.
Na margo významu technických opatrení v rámci protipovodňovej ochrany možno uviesť niekoľko konkrétnych údajov, vyplývajúcich z analýzy z roku 2010. Úhrn objemu ochranných priestorov

všetkých nádrží napr. na východe Slovenska (Vihorlat, Veľká Domaša, Ružín I, Starina, polder Beša a ďalšie) je cca 185 mil. m^3. Je zrejmé, že ochranný priestor nádrží sa v priebehu roka využíva opakovane, podľa potreby. A tak tieto nádrže počas roka 2010 zachytili celkom 425 mil. m^3 povodňových prietokov. Podobne pozitívne sa dá vyčísliť aj funkcia ochranných hrádzí. V tejto súvislosti možno spomenúť významné postavenie mnohých ďalších nádrží – a to nielen v protipovodňovej ochrane, ale aj v nadlepšovaní prietokov, pri výrobe ekologicky čistej elektrickej energie či v zásobovaní priemyslu vodou – napr. nádrží – Orava a Liptovská Mara. Zásluhou nich obyvatelia, žijúci pod týmito vodnými dielami nepoznajú problémy s povodňami. A nie sú to len tieto nádrže, ale aj celá rada ďalších, ktoré tu boli vybudované v minulosti.

Nádrže a priehrady - ako ďalej?

V ostatných rokoch sa stále viac stretávame s rozsiahlymi diskusiami ohľadom výsledkov popredných výskumných pracovísk, zaoberajúcich sa narastajúcimi požiadavkami na vodu v budúcnosti, vyvolané jednak demografickým vývojom ľudstva, ako aj registrovanými klimatickými zmenami a ich vplyvmi na extrémy počasia. Odmietanie výstavby spoľahlivých technických opatrení, akými umelo vybudované nádrže nesporne sú, je súčasne odmietaním poznatkov o klimatických zmenách a s nimi súvisiacich problémov najmä v období sucha, ale aj v období povodňových prietokov. Pri rešpektovaní výsledkov výskumu v oblasti hydrológie a klimatológie je zrejmé, že predovšetkým vodnými nádržami s viacročným regulovaním možno úspešne predchádzať negatívnym dopadom striedania sa niekoľkoročných vodných a málovodných období. Je iracionálne myslieť si, že bez týchto rozhodujúcich vodohospodárskych opatrení možno predchádzať problémom s vodou – či už s jej prebytkom v čase a v priestore, alebo s jej nedostatkom.
Dalo by sa tu spomenúť ešte mnoho iných prínosov, ktoré tieto vodné stavby prinášajú po celé desaťročia i storočia ľudskej spoločnosti. A to vďaka racionálnemu prístupu vodohospodárov a odborníkov ďalších súvisiacich odvetví, ktorí preukázali svoje schopnosti pri riešení problémov, vyplývajúcich s nerovnomerného rozdelenia v čase a v priestore toho najcennejšieho daru prírody – vody. Preto by bolo ľahkovážne, keby budúcnosť nádrží a priehrad pri súčasných prognózach spojených s potrebami na vodu podľahla trendom, znevažujúcim hlboké poznatky, skúsenosti, um a dôvtip našich predchodcov vodohospodárov aj ich nasledovníkov. Bolo by dobré, keby spoločnosť vnímala túto realitu komplexne a najmä racionálne. Lebo úroveň vodného hospodárstvo je jednou zo základných podmienok rastu životnej úrovne každej spoločnosti, je zrkadlom toho, ako si tá-ktorá spoločnosť ctí a váži svoje majetky, svoje životy, samu seba.

Zoznam literatúry

Bednárová, E. a kol.: Priehradné staviteľstvo na Slovensku. Originality – míľniky – zaujímavosti. Bratislava, Kuskus 2010, 207 s.

Bednárová,E., Miščík,M.: Význam nádrží a ochranných hrádzí v prevencii pred povodňami, In: Vedecká konferencia. Manažment povodí a povodňových rizík, Častá Papiernička, 2011, ISBN 978-80-89062-83-6, 8 s.

Berga,L.: Dam Safety. Vol. 1 and 2. Rotterdam, Balkema 1998

Lukáč,M., Bednárová,E.: Navrhovanie a prevádzka vodných stavieb. Sypané priehrady a hrádze. Bratislava, JAGA 2006, 183 s.

Lukáč,M., Bednárová,E.: Nádrže a priehrady. Navrhovanie a prevádzka. Skriptum. Bratislava, ES STU 2001, 330 s.

Marikovičová,A.: Príspevok k metodickému postupu hodnotenia pozitívnych a negatívnych účinkov vodárenských nádrží na životné prostredie. Dizertačná práca, SvF STU Bratislava 2013, 141 s.

Príspevok je súčasťou riešenia projektu VEGA 1/0318/13

nad krytým drénom priesakového kanála Kolárovo- Čergov tesne za vtokovým objektom. Taktiež boli pozorované výtvery v hkm 8,0 a 18,3 ako aj vytekanie vôd z pozorovacieho vrtu PS 08 – hkm 7,3. Na ľavostrannej ochrannej hrádzi Váhu bolo zaznamenané značné premočenie päty ochrannej hrádze v hkm 16,6 a výtvery v hkm 23,9; 16,6; 11,4 a 9,9.

Záver

Ochranné hrádze aj napriek vzniknutým zamokreniam a výtverom vydržali extrémne povodňové zaťaženie a taktiež sa veľmi dobre osvedčili mobilné hradenia vybudované v rámci aktivít protipovodňovej ochrany Bratislavy a nová protipovodňová línia mesta Štúrovo. Vzniknuté anomálie v podobe výtverov v ochrannom pásme sú len prirodzeným odzrkadlením charakteru líniovej vodnej stavby s neutesneným podložím.

Výkonom technicko-bezpečnostného dohľadu a spoluprácou správcu ochranných hrádzí a organizácie poverenej výkonom technicko-bezpečnostného dohľadu sa podarilo identifikovať viaceré úseky hrádzí, ktorým je potrebné venovať zvýšenú pozornosť a zrealizovať opatrenia na zaistenie ich bezpečnosti, ako je napríklad vybudovanie podzemnej tesniacej steny na ochrannej hrádzi Dunaja v obci Kravany nad Dunajom a na úseku pôvodnej hrádze Dunaja medzi Dobrohošťou a Gabčíkovom.

Zoznam literatúry

BEDNÁROVÁ, E. & MINÁRIK, M.: Grouting Curtains in the Subsoil of Dams. Water Management and Hydraulic Engineering; Proc. 10th intern. symp., Šibenik, 4.- 9.9.2007. Zagreb: National and University Library, 2007.

BEDNÁROVÁ, E. et al.: Dam construction in Slovakia. Originalities. Milestones. Attractions. Bratislava, Kuskus, 2010.

HAKÁČ, J.: Vodná stavba ĽOH DUNAJA, Záznam z kontrolných meraní a obhliadok počas povodňovej aktivity v júni 2013, VODOHOSPODáRSKA VÝSTAVBA Š.P., Bratislava, júl 2013, 16 strán, 14 grafických a 24 tabuľkových príloh

KASANA, A. a kol.: Predbežná správa z mimoriadnych meraní obhliadok počas povodňovej aktivity, VODOHOSPODáRSKA VÝSTAVBA Š.P., Bratislava, jún 2013, 15 strán

SOTÁK, J. a kol.: Súhrnná správa o priebehu povodní, ich následkoch a vykonaných opatreniach na území správy SVP, š.p. OZ Bratislava za obdobie 1.6.2013 – 12.7.2013, Bratislava, september 2013, 25 strán + 3 strany fotodokumentácie

DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION OF FLOOD RETENTION BASINS IN STYRIA/AUSTRIA

Rudolf HORNICH, Dipl.-Ing.

Government of Styria, Wartingergasse 43, 8010 Graz, Austria

rudolf.hornich@stmk.gv.at

ABSTRACT

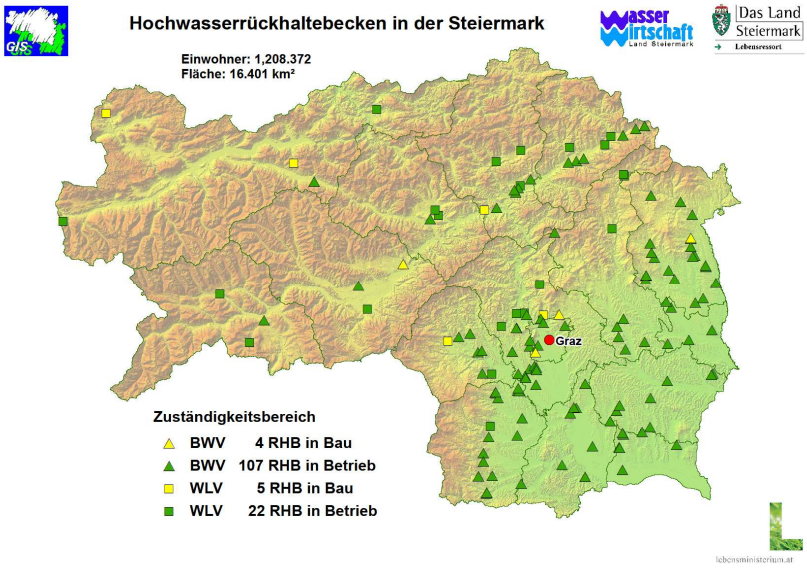
Flood control is attributed great importance in the densely populated areas of the Austrian state Styria. The primary objective is to infiltrate the precipitation in the area before draining it off into the receiving water. If this should not be an option the construction of technical protective structures are necessary. To reduce the maximum flood discharge, which increased in the last years due to climate change, flood control reservoirs offer often the only possibility, when linear protective structures are no alternative.

The Government of Styria, the Department of Water Management, Ressources and Sustainability supervises the interests of flood control. The department supports and sponsors the construction of flood control basins already for decades. The constantly increasing ecological as well as landscape architecture requirements have been integrated into the design of the retention basins and have become standard with these constructions today. Operational experience of the constructions is attributed special attention to in order to find optimized solutions for future projects.

1. Retention basins in Styria

The construction of retention basins in Styria begun quite early, the first basins have been built in the end of the 1960s. In the year 1985 the Styrian government resolved "the catalogue of measures for the near-natural hydraulic engineering". With the commitment to give water retention top priority and linear measures comes second, the main focus is on the construction of flood retention basins. About 70% of the flood retention basins in operation have been built in the period of 1985 to 1995.

Since decades flood retention basins are an essential part in the strategies of technical flood protection in the state of Styria. Until now 130 flood retention basins have been built at the rivers of the Federal Water Engineering Administration and of the department of Torrent and Avalanche Control. Further 37 basins are planned and the realisation of 9 basins are already in progress. The inspection of these basins is conducted by 17 civil engineers.



Pictureure 1: Retention basins in Styria

1.1 Construction and construction types

1992 a book entitled *"Flood retention basins – planning, construction and operation"* was published by the Styrian Government, which serves as guidance for the construction and maintenance of the retention basins [4].

Of all basind 3 retention basins are constructed as parallel connection, and 13 are featured with a ground swell. Around 90 retention basins are built as earth-fill dam, whereof 10 are zoned dams with a sealing layer. 25 retention basins consist of a concrete wall as well as an earth-fill dam and only 5 retention basins are completely constructed as concrete walls. 60% - odd of the constructions have a total storage volume less than 100.000 m³. About one-fifth of the basins have a control system of the bottom outlet, with the advantage of an increased efficiency [3]. Picture 2 gives some examples of different construction types.



Picture 2a: Concrete wall - Ligistbach



Picture 2b: Earth-fill dam - Lobmingbach



Picture 2c: Earth-fill dam with light well - Stullneggbach



Picture 2d: Earth-fill dam with concrete wall -Gamlitzbach

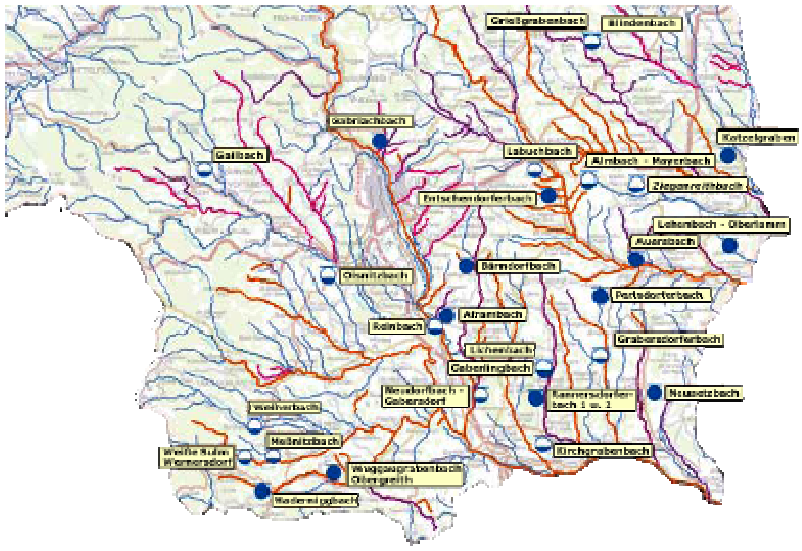
Due to ecological reasons nowadays the common building type of a retention basis asks for a combination of an earth-fill dam and a concrete wall. The concrete wall should be situated in the area of the water body to ensure the shortest and lightest way through the barrage for the aquatic wildlife (see Figure 2-d). The ecology was also taken into account in the older construction as e.g. structured bottom outlet or a light well (see Figure 2-c).

1.2 Flood events in the last years

The summer 2009 in Styria was characterized by a multitude of extreme flood events. Remarkable was the fact these were mainly small scaled events. During this period the retention basins have proved themselves as an effective flood protection measures. 28 retention basins were ponded, wheras 15 of them were fully filled. Figure 3 shows a map with all retention basins in operation. E.g. the basin Auersbach retained 400.000m³ water and protected the municipality Raabau and the city of Feldbach from enormous damages [5].

In the summer months 2012 in Styria a lot of flash flood events occured. Many of the existing retention basins have proved one´s worth.

At last in Mai 2013the retention basin on the river Schöckelbach prohibited a big damage in the district Andritz in the city of Graz. About 200.000m³ were retentioned.



Pictureure 3: Retention basins in operation, summer 2009

1.3 Inspection system

During the operation of the retention basins it became evident, that the operator of the construction – municipalities and water boards – neglected the maintenance of the construction and the inspection of important system parts. Often there has been a lack of expertise. In 1993 all retention basins have been inspected in regard to design or constructional shortcomings as well as in terms of weak points during the operation of the constructions. The results of this analysis and the shown shortcomings disposed the responsible persons in the regional government authority to install a system for a regular, periodical inspection of the constructions through professional skilled experts. Together with representatives of the Chamber of Engineers of Styria and Carinthia the scopes of work of the "retention basin supervisor" has been worked out 1994.

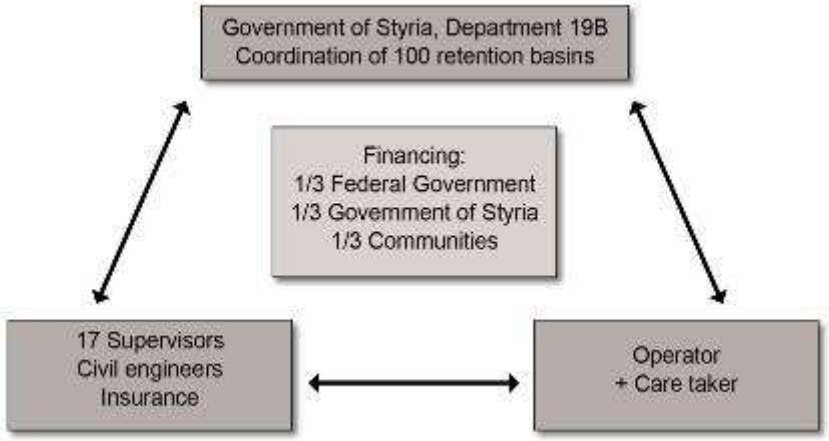
During the annual site inspection and control of the construction in regard to existing shortcomings in construction, design and static also the functional capability of all plant components have to be checked. Additional to the annual control the retention basins have to be inspected after every event respectively after every ponding of the basin. The inspection report is forwarded to the client, to the operator of the basin as well as to the Water Right Authority. Further a caretaker, e.g. a municipal employee, is responsible for the maintenance of the construction which is documented in an operation diary. This system is financed by the federal government, the Government of Styria and by the operator.

Tasks of the caretaker:

- Keep a operation diary
- Maintenance of the construction
- Status control of all plant components (4 times a year)
- Removal of log jams
- Inform the operator in case of emergency

Tasks of the supervisor:

- Preparation of a retention basin book (technical and legal documents)
- Preparation of a handbook and work rules
- Annual inspection of the construction visual and functional
- Report to the water right authority, Styrian Government Watermanagement Department, operator, district construction management and torrent und avalanche control
- Training and education of the caretaker
- Inspection of possible reconstruction works
- Payment according to a special contract



Pictureure 4: Organization of the inspection system

1.4 Special case

An important detail is, that the construction of a basin which is higher than 15m or has a storage volume of more than 500.000m³, has to be permitted by the Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (commission on dams). Due to the higher risk in case of a failure, the inspection and monitoring system of the dam has to be conducted in the same way as for dams which are used for hydropower purposes. [9] Only 6 out of about 130 investigated retention basins in Styria belong to this category [3].

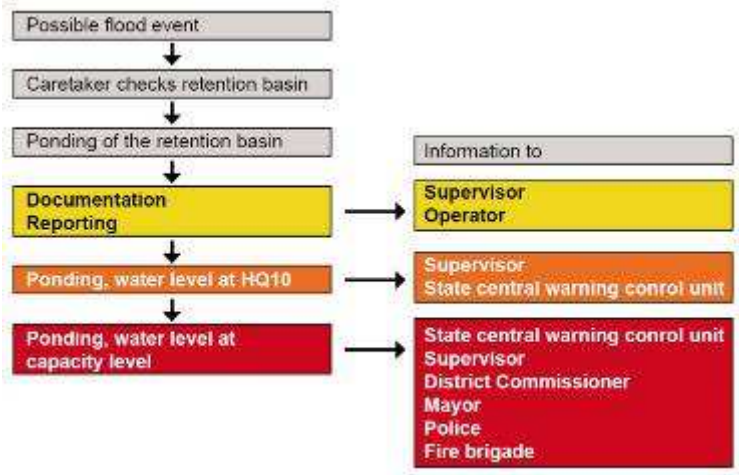
But the increasing number of "small dams" and safety needs of the population also ask for an enhanced inspection of these small constructions. Therefore the Federal Ministry published in 2009 guidelines for "small dams", depending on the level of risk potential (considerable or low) [10].

1.5 Warning and Alerting System

During a flood event a clear communication and responsibility chain is needed to ensure a successful operation of the retention basin. This is exactly defined in the operating instructions of each retention basin. You can distinguish between a reporting plan and an emergency plan.

1.5.1. Reporting plan

In case of weather conditions which could lead to a flood event the caretaker has to check the retention basin in regard to a possible ponding. The beginning of a ponding has to be documented. Depending on the reached water level in the basin different persons in charge have to be informed and also the supervisor has to go there (see Picture 5).



Pictureure 5: Warning and alertin system

1.5.2. Emergency Plan

In case of an alarm situation, this means an exceptionally incident; the civil protection law will be applied.

Such a particular episode would be for example:

- Extremely reduced bottom outlet
- Land slide or dam slide
- Water outlet at the dam toe
- Considerable increasing of the overtopping of the spillway
- Other emergency situations

The civil protection law indicates that the public authority has to preposition disaster control plans and take adequate measures in case of emergency, e.g. warning of the population or evacuation.

1.6 Experiences

The inspection of the retention basins in Styria via civil engineers has proved itself optimally. All constructions are in a proper condition. Since 2008 these system is organized together with the Torrent and Avalanche Control. The sense of responsibility is increased due to the activities of the civil engineers and because of the common annual field inspection. Permanent improvements in the field of the equipment and during the operation of the constructions are also a result of the ongoing inspection activities. In the scope of a research project a radio-controlled alarm system for exposed basins was developed in regard to warning and alerting in case of a flood. The experiences of the civil engineers out from their activities as supervisors expanded into the planning of new

retention basins and arise clearly at the new developments and at the technical standard of all plant components.

In June 2007 a study about the experiences of the supervisors was conducted at the Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management of Graz University of Technology. Thereby 74 basins have been investigated [3]. The main results are:

- 58 basin have been ponded
- Out of 50 basins in average every 18 months a basin has been ponded
- Only two spillways were in use until the study
- 46% of all basins have a rack, with have proved themselves
- 58% of all basins have a interrupted bed-load discharge

1.7 Test impounding

Dry dams will be tested for the dimensioned load case not before the first impounding in case of flood. Therefore it is to check during the approval process what critical situations could happen in the load case and you have to take the decision whether a test impounding is required or not. The test impounding is to execute as partial impounding. As a minimum the pondage should reach 1m above the top edge of the bottom outlet. So it is possible to test the leak tightness of the construction. Especially by earth fill dams a check of the critical transition zone between the concrete construction and the earth dam make sense.

With a test impounding it is possible to test the characteristics of the ground, the dam and also the slopes in the reservoir in case of impounding. As well you are able to test the leak tightness of the total structure. It is necessary to document the execution of the test impounding as well as the results of the visual check and the observation and results from the measurements during the test in an inspection sheet. It is also important to consider the ecological requirements concerning fauna and flora. The best time for a test impounding is during the winter months. For the pounding of a basin it is necessary to define a characteristic flood, which ensures, that the filling of the basin happens in an acceptable periode of time. The decision of the point of time for pounding is matter of the hydrological service and business of the water management authority. During the first impounding of a basin it is necessary to make a detailed documentation of the process. All incidents should be documented in the operation manual.

In Austria a test impounding is not ordered by law or any other rules. In Germany a test impounding is for each retention basin obligatory instructed. Details will be managed in the system of rules DIN 19700.

2. Examble Labuchbach

Due to flood events in the 1990s and in the year 2002, which inundated the borough Urscha in the municipality Labuch, a flood retention basin was constructed in the year 2008. All experiences in planning and operation of the past 40 years have been integrated into the construction of this basin. Table 2 shows the key information about the retention basin. The Labuchbach has got a catchment area of 4.3 km², which leads to a discharge of 20m³/s for a 100-year flood. This will be reduced due to basin to a maximum of 3.7m³/s. The bottom outlet is furnished with a hydraulic regulated, float lever controlled steel gate. The retention basin was built as reinforced concrete angular retaining wall with sideways

dam filling. This construction type is currently the least possible intervention for the aquatic wildlife.

Name	Labuch
Construction method	Earth-fill damm and concrete wall
Barrage height	12,3 m
Crest length	130 m
Crest width	2.5 m
Cubic capacity HQ_n	130,000 m³
Design flood	100 years

TABLE 2: RETENTION BASIN LABUCH

The main focuses in addition to the flood protection are the consideration of the ecology, to preserve the appearance of the landscape plus the implementation of cultural aspects of the region.



Pictureure 6: Retention basin Labuchbach

3. Summary

In this paper the experiences of 40 years flood retention basins in Styria are presented. This includes the identification of the need of water retention in the 1980s as well as the current number of about 130 retention basins and the changing construction designs in the course of time. Further the inspection and warning system with a caretaker and a supervisor, as an essential part of the functional capability of the flood protection, is explained in detail. The integration of the ecological, landscape and cultural requirements nowadays are shown in the example of the retention basin Labuchbach. In the future a GIS-based web-service, which is now conducted, will provide all key facts about the retention basins in Styria and will guarantee a fast and easy accessibility.

BREHOVÉ PORASTY V MANAŽMENTE PROTIPOVODŇOVEJ OCHRANY MALÝCH POVODÍ
RIPARIAN STANDS IN THE MANAGEMENT OF FLOOD PROTECTION OF SMALL WATERSHEDS

Jakubisová, M., Arborétum Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene,
jakubisova@tuzvo.sk

Abstrakt:
Práca sa zaoberá komplexným hodnotením brehových porastov a ich manažmentom v malých povodiach s dôrazom na ich funkcie, kľúčové vplyvy pri povodňových prietokoch a protierózne pôsobenie v korytách tokov v kontexte vyskytujúcich sa podmienok a charakteristík povodia. Hodnotíme a analyzujeme problematiku pozitívnych aj negatívnych vplyvov, protikladov ich pôsobenia a názorových paradoxov vo vzájomných súvislostiach. Porovnávame úroveň starostlivosti o brehové porasty a ich vplyv na kapacitu prietokových profilov. Upozorňujeme na rôznorodosť faktorov (geologických, pedologických, klimatických, hydrologických, hydraulických atď.), ktoré ovplyvňujú lokálne podmienky a navrhujeme opatrenia v protipovodňovej ochrane týkajúce sa brehových porastov. V rámci manažmentu vodných tokov a povodí navrhujeme riešenia týkajúce sa starostlivosti a údržby o brehové porasty.

Kľúčové slová: starostlivosť o brehové porasty, manažment malých povodí, protipovodňové opatrenia

Abstract:
This work deals with the comprehensive evaluation of riparian stands and their of management in small watersheds with emphasis on their functions and key influences on the flood discharges and on the erosion control in the beds of water flows in the context of existing conditions and characteristics of the watersheds. In this paper was evaluated and analyzed the issues of the positive and negative effects, the opposites of influence and the paradoxes in relationships, the level of care of riparian stands and their impact on discharge capacity of the bed of water flows. We took account the various factors (geological, pedological, climatic, hydrologic, hydraulic etc.) affecting the specific conditions and their resulting proposals in the flood protection. In the framework of the management of water flows and watersheds, the article contains the measures which are related on the care of riparian stands in connection with flood discharges.

Key words: tending of riparian stands, small basin management, flood control

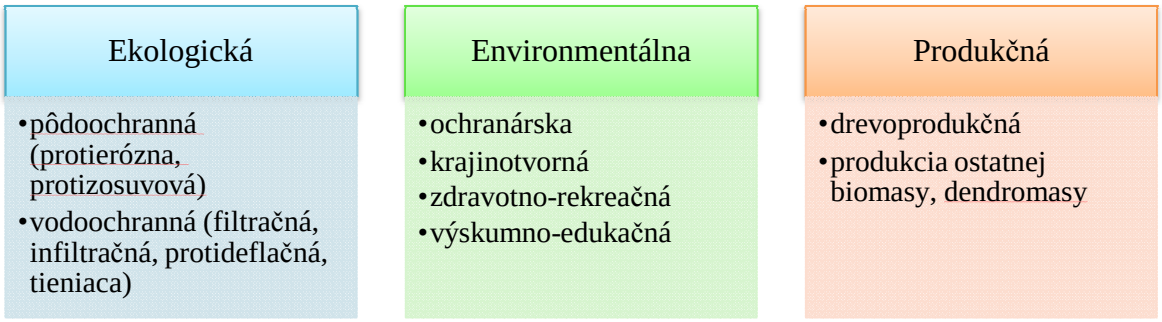
ÚVOD A PROBLEMATIKA

Povodne sú prírodný fenomén, ktorému sa nedá zabrániť. Niektoré ľudské činnosti a klimatické zmeny však prispievajú k zvyšovaniu pravdepodobnosti výskytu povodní a ich negatívnych účinkov. Sú vyvolané nepriaznivými klimatickými udalosťami v podobe zrážok, s pravdepodobnými vzniknutými dôsledkami v podobe škôd na majetku verejného a súkromného sektora (cesty, mosty, domy, záhrady, priemyselné objekty atď.) a ktoré môžu viesť až k fatálnym stratám na ľudských životoch a ohrozeniu biotopov vôbec. Vplyv takýchto udalostí na regionálne komunity môže byť zničujúci. Malé povodia s tokmi bystrinného charakteru zohrávajú v otázkach protipovodňovej ochrany významnú funkciu. Integrovaná protipovodňová ochrana by sa preto nemala sústreďovať len na intravilány a „veľké vodné toky“. Neupravené vodné toky v extravilánoch malých povodí, ktoré majú prevažne charakter bystrín, môžu byť pri kritických zrážkach a vzniknutých nevhodných podmienkach (klimatických, hydrologických, hydraulických atď.) veľmi nebezpečné. Dôležitou

súčasťou takýchto vodných tokov sú aj prirodzené brehové porasty, ktoré pre environment a riečne ekosystémy plnia významné funkcie v krajine.

Užitočné funkcie brehových porastov z pohľadu protipovodňovej ochrany sa môžu optimálne prejaviť vtedy, ak sa im venuje dôkladná a pravidelná starostlivosť. Ak je táto starostlivosť zanedbávaná, môžu byť príčinou enormného zvyšovania povodňových škôd. Zanedbávanie starostlivosti o brehové porasty je jedným z kľúčových momentov v manažmente protipovodňovej ochrany území.

Z literatúry je všeobecne známe, že brehové porasty zvyšujú drsnosť svahov koryta v závislosti od typu vegetačného krytu a v dôsledku zvýšenej drsnosti sa znižuje priemerná profilová rýchlosť prúdiacej vody (rovnica kontinuity). Prítomná brehová vegetácia ovplyvňuje prietokovú kapacitu korýt vodných tokov. Problematikou drsnosti vegetácie a stanovením stupňov drsnosti (do Manningovho alebo Pavlovského rýchlostného súčiniteľa v Chezyho rovnici) pre rôzne druhy a stav brehovej vegetácie sa podrobne zaoberali KOUWEN ET AL. (1969), NOVÁK ET AL. (1986), FREAD (1991), STURM (2001), AZECHI ET AL. (2007) a ďalší. Problematikou brehových porastov v súvislosti s prietokmi sa zaoberali HUPP, OSTERKAMP (1996), JAKUBIS (2004), BENNETT, SIMON (2004), ANDERSON ET AL. (2006) a iní. Vodné toky a brehové porasty, ovplyvňované prírodnými podmienkami a človekom, sú v tesnej vzájomnej väzbe. Správny návrh brehových porastov v úpravách vodných tokov súvisí s ich predpokladanými funkciami. Vo vzťahu k povodňovým prietokom môžu brehové porasty pôsobiť pozitívne aj negatívne. Správnym výberom lokalít a druhov brehovej vegetácie môžu byť pravidelne a odborne obhospodarované a udržované brehové porasty prínosom pre preventívnu ochranu krajiny pred povodňami, najmä v súvislostiach s ochranou brehov pred zosuvmi a eróziou (JAKUBIS 2001, 2004, 2008, 2009). Brehové porasty so správnou a pravidelnou starostlivosťou sú v extravilánoch z mnohých dôvodov najvhodnejším pozdĺžnym brehovým spevnením, ktoré pozitívne ovplyvňuje stabilitu brehov aj počas vyšších prietokov. S ohľadom na vysokú drsnosť brehov brehové porasty čiastočne spomaľujú prietoky nad intravilánmi a môžu spolu s inými opatreniami splošťovať povodňovú vlnu. Na druhej strane, brehové porasty v nevhodných lokalitách, alebo so zanedbanou starostlivosťou, môžu byť počas povodní ako v intravilánoch, tak aj v extravilánoch značným nebezpečenstvom, až hrozbou.
Brehové porasty vodných tokov plnia v krajine dôležité funkcie. Rozdelenie funkcií brehových porastov je znázornené na Obr. 1.



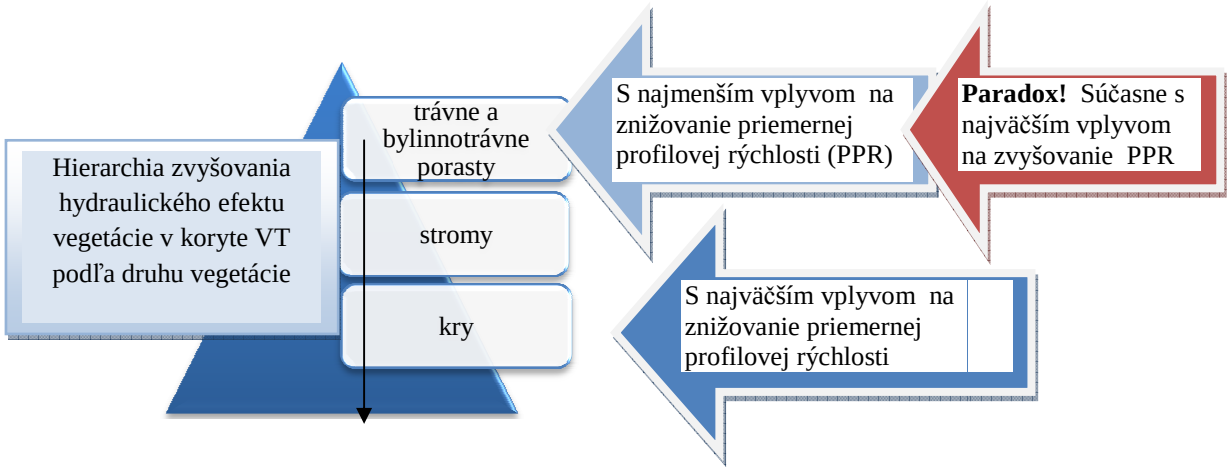
Obr. 1 Základné funkcie brehových porastov (JAKUBIS 2004)
Figure 1: Basic functions of riparian stands (JAKUBIS 2004)

Starostlivosťou o brehové porasty v súvislosti s povodňovými prietokmi sa zaoberá aj legislatíva. V zákone č. 364/2004 Z. z. o vodách (vodný zákon) sa v siedmej časti § 48 Správa vodných tokov v ods. (3) uvádza, že správa vodných tokov zahŕňa tieto činnosti:
a) sledovať stav vodných tokov a pobrežných pozemkov z hľadiska zabezpečenia funkcií vodného toku,
b) udržiavať korytá v stave, ktorý zabezpečuje ich prirodzenú alebo projektovanú prietočnosť a hĺbku vody,
c) udržiavať alebo odstraňovať **brehové porasty** vo vodných tokoch, na pobrežných pozemkoch, prípadne v zátopových územiach tak, aby sa nestali prekážkou odtoku vody pri povodniach a podľa možnosti zachovali prírodné podmienky.

V zákone č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami sa v druhej časti § 4 Opatrenia na ochranu pred povodňami ods. (2) uvádza, že medzi preventívne opatrenia na ochranu pred povodňami podľa písm. e) patria aj opatrenia, ktoré zabezpečujú prietokovú kapacitu koryta vodného toku, ako je odstraňovanie nánosov z koryta vodného toku a porastov na brehu vodného toku. BP v súvislostiach s maximálnymi prietokmi nadobúdajú čoraz väčšiu dôležitosť aj z pohľadu európskych strategických cieľov.Tento fakt potvrdzuje aj významný medzinárodný dokument - Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík.

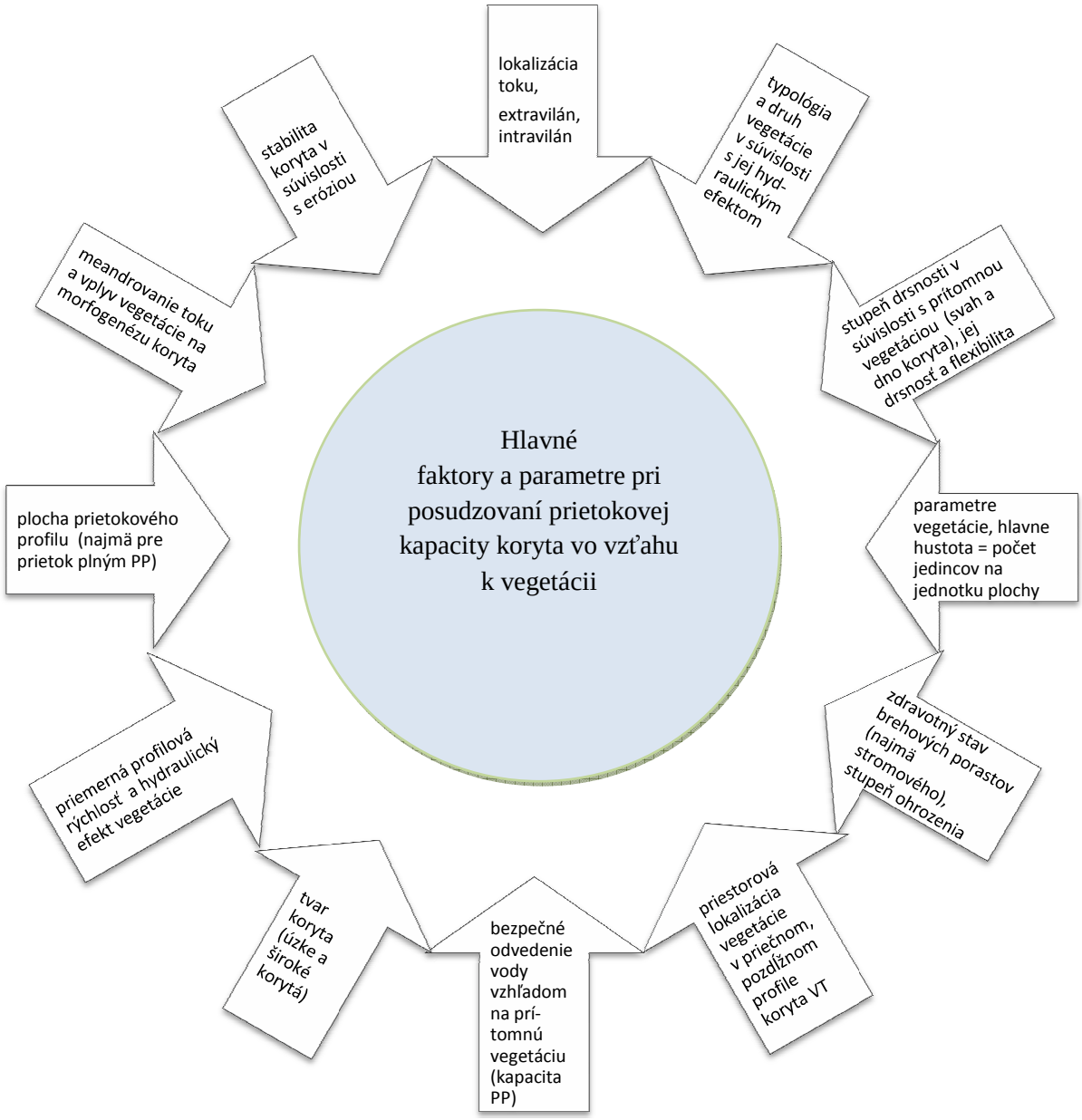
VPLYV BREHOVÝCH PORASTOV NA KAPACITU PRIETOKOVÉHO PROFILU

Brehové porasty a celá brehová vegetácia na svahoch vodných tokov majú zásadný vplyv na prietok vody korytom, resp. na kapacitu prietokového profilu. Miera tohto vplyvu závisí predovšetkým od typu a druhu vegetačného krytu (trávny a bylinnotrávny porast, kry, stromy a ich jednotlivé druhy), jeho výšky, hustoty, výšky vody v koryte, tvaru a plochy prietokového profilu atď. Kapacita prietokového profilu, priemerná profilová rýchlosť, tvar profilu, drsnosť dna a svahov sú základom pre hodnotenie hydraulických charakteristík vegetačného spevnenia na brehoch tokov. Jednotlivé typy brehovej vegetácie ovplyvňujú hydraulické charakteristiky a kapacitu prietokového profilu rôznym spôsobom, resp. rôznou intenzitou (pozri Obr. 2):



Obr. 2: Schéma hydraulického efektu vegetačného spevnenia brehov v závislosti na type vegetácie (NOVÁK ET AL. 1986, JAKUBISOVÁ 2013)
Figure 2: Scheme of the hydraulic effect of bank vegetational reinforcement by the type of vegetation (NOVÁK ET AL. 1986, JAKUBISOVÁ 2013)

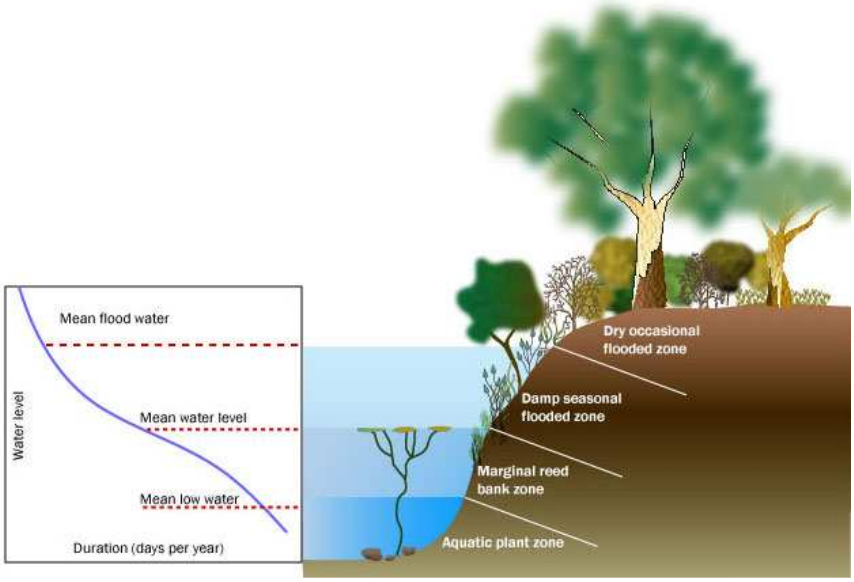
Aby sme bezpečne odviedli navrhovaný prietok Q_N v prietokovom profile so svahmi s vegetačným krytom, musíme poznať vplyv vegetácie na priemernú profilovú rýchlosť. Najväčší vplyv na prietoky v koryte majú husté krovité a stromové porasty. Tieto na jednej strane znižujú priemernú profilovú rýchlosť, čo v určitých prípadoch môžeme pokladať za pozitívny vplyv najmä v prirodzených korytách v extravilánoch. Na druhej strane zmenšujú plochu prietokového profilu, čo sa môže negatívne prejaviť najmä v intravilánoch. V intravilánoch, resp. zastavaných územiach sa snažíme vodu odviesť korytom bezpečne a relatívne rýchlo, drsnosť dna a svahov znižujeme na vhodnú mieru, tvar prietokového profilu prispôsobujeme priestorovým možnostiam. Na Obr. 3 schematicky uvádzame hlavné faktory a parametre pri posudzovaní prietokovej kapacity koryta toku vo vzťahu k vegetácii.



Obr. 3: Hlavné faktory a parametre pri posudzovaní prietokovej kapacity koryta vo vzťahu k vegetácii
Figure 3: Main factors and parameters in assessing of discharge capacity of the bed of water flows in relation to vegetation

Najväčší vplyv na znižovanie priemernej profilovej rýchlosti v koryte, z hľadiska hydraulického efektu vegetácie majú krovité a stromovité porasty.
FELKEL (IN: NOVÁK ET AL. 1986) skúmal v úzkych korytách vplyv krovitého vŕbového porastu na prietokové pomery (meral rýchlosť a prietok vody v koryte), pričom zistil:
• prietok v koryte s olistenými a neolistenými drevinami na svahu sa zásadne nemení,
• prietok v korytách s krovitým porastom na brehoch sa znižoval v intervale od 18 do 70 % v závislosti od hustoty porastu,
• pri malých rýchlostiach vody je zmenšenie prietoku väčšie ako pri väčších,
• krovitý porast znižuje zvislicové rýchlosti v strede prietokového profilu o 4 až 6 %, pri brehoch až o 60 %.

ZELENÝ A JAŘABÁČ (1977) v korytách väčších šírok zistili, že porasty krovitých vŕb na brehoch podstatne znižujú priemerné profilové rýchlosti (v rozpätí od 56 do 79 % v závislosti od hustoty porastu) a priemerná profilová rýchlosť sa znížila v priemere od 6,1% do 16,4% v závislosti od hustoty stromového porastu, čím sa zväčšila prietoková plocha v rozpätí 5,6% - 20,1% pri rovnakom prietoku.
JAKUBISOVÁ (2009) modelovými výpočtami na desiatich bystrinách v oblasti Západných Tatier hodnotila prietokovú kapacitu korýt s neudržovanými a udržovanými stromovými brehovými porastmi. Pre jednotlivé experimentálne prietokové profily (EPP) zistila, že prietoková kapacita sa podstatne líšila. Prietoková kapacita neudržovaných v porovnaní s udržovanými stromovými porastmi bola podstatne nižšia, a to v rozpätí od 22,81do 38,99 %. Priemerná hodnota tejto odchýlky predstavovala až 30,64 %. Nižšie rozdiely v kapacite jednotlivých EPP zaznamenala pre trávovú brehovú vegetáciu. Prietoková kapacita neudržovaných (nekosených) trávových porastov bola pre jednotlivé EPP oproti udržovaným (koseným) nižšia a to v rozpätí od 3,42 % do 8,39 % . Priemerná hodnota tejto odchýlky predstavovala 5,79 %.
Výpočtami bolo preukázané, že ako druh brehovej vegetácie, tak aj úroveň starostlivosti o túto vegetáciu významne ovplyvňujú prietokovú kapacitu prirodzených prietokových profilov, čo má veľký význam najmä v súvislosti s povodňovými prietokmi. Rozdiely v prietokovej kapacite prirodzených korýt, vyskytujúcich sa hlavne v intravilánoch malých povodí, sa zvlášť významne prejavujú v korytách s udržovanými a neudržovanými stromovými brehovými porastmi. Pravidelne vykonávanou starostlivosťou o brehové porasty je prietoková kapacita prirodzených vodných tokov vyššia, čím sa znižuje riziko vyliatia vody z koryta počas vyšších prietokov a povodní. Rozhodujúci vplyv na hodnotu stupňa drsnosti má druh, hustota, rozmiestnenie, fyzikálne vlastnosti vegetácie ako je pružnosť - ohybnosť pod tlakom vody a pomer výšky vegetácie k hĺbke vody, teda celkové chovanie vegetácie počas prietoku (NOVÁK ET AL. 1986).



Obr. 4: Diagram koryta a typ vegetácie v súvislosti s výškou vodnej hladiny (LOVETT, S., LOVETT, J., 2005)
Figure 4: Diagram of channel, type of vegetation and associated mean water levels (LOVETT, S., LOVETT, J., 2005)

ANDERSON ET AL. (2006) sa zaoberal pôsobením brehových porastov na znižovanie rýchlosti postupu povodňovej vlny a zmierňovaním sklonov jej vzostupnej a zostupnej vetvy a znižovanie hodnoty kulminačného prietoku. Stabilné brehové porasty môžu významne ovplyvňovať dobu koncentrácie a celkovú dobu odtoku (rozkladať ju na dlhší čas) a tým sa podieľať na znižovaní kulminačných prietokov. Významný vplyv brehových porastov na znižovanie rýchlosti prúdenia vody v prietokových profiloch úzkych korýt na základe výskumu potvrdil ZELENÝ ET AL. (1984). Problematikou sa zaoberala JAKUBISOVÁ (2009a, 2009b, 2009c). Modelovými výpočtami hodnotila význam brehových porastov v súvislosti s kapacitou prietokových profilov a povodňovými prietokmi.

Zanedbaná starostlivosť o brehové porasty, hlavne prirodzených brehových porastov, má počas povodní katastrofálne následky, ktoré sa prejavia transportom odumretých kmeňov, konárov a pod., s následným upchávaním objektov (mostov, lávok, priepustov), v horšom prípade aj extrémne devastačnými prielomovými vlnami, ktoré vznikajú po pretrhnutí prekážok v koryte toku.
V rámci spracovania štúdie návrhu protipovodňových opatrení v povodí a toku Pomiaslo v katastrálnom území Zvolen boli z viacerých hľadísk porovnávané návrhy rôznych druhov reálnych pozdĺžnych spevnení s ohľadom na potrebný priestor a kapacitu prietokového profilu vo vzťahu k povodňovým prietokom. Bystrina Pomiaslo preteká intravilánom mesta Zvolen a je ľavostranným prítokom rieky Hron z geomorfologického celku Javorie. Prietokové profily uvedenej bystriny sú podľa lokalít a priestorových možností spevnené rôznym spôsobom, v extraviláne nad mestom je prietokový profil prirodzený. Základné charakteristiky bystriny Pomiaslo a jej povodia: plocha povodia S_p = 9,273 km^2, lesnatosť povodia $l_{\%}$ = 63,3 %, dĺžka hlavného toku L = 9,63 km, dĺžka rozvodnice O_r = 21,56 km, dĺžka údolnice L_u = 10,58 km, stredná šírka povodia B_p = 0,877 km, pomer šírky ku dĺžke povodia 1:12,1, priemerná nadmorská výška povodia 582 m n. m., priemerný sklon hlavného toku I_t = 4,13 %, priemerný sklon svahov povodia 24,15 %, nadmorská výška prameňa H_{pr} = 670 m n. m., nadmorská výška v ústí do rieky Hron $H_{ús}$ = 287 m n. m., maximálny špecifický odtok q_{max} = 2,46 m^3.s^{-1}.km^{-2}, Q_{100} = 22,82 m^3.s^{-1}, Q_{50} = 19,40 m^3.s^{-1}, Q_{20} = 15,52 m^3.s^{-1}, Q_{10} = 12,78 m^3.s^{-1}, Q_5 = 10,04 m^3.s^{-1}, Q_2 = 6,85 m^3.s^{-1}, Q_1 = 4,56 m^3.s^{-1}. Geometrické charakteristiky modelových profilov pre rôzne druhy pozdĺžnych spevnení obsahuje Tab. 1. Hydraulické charakteristiky modelových profilov obsahuje Tab. 2.

Tab. 1 Geometrické charakteristiky modelových prietokových profilov
Table 1: Geometric characteristics of the model flow profiles

P. č.	Spevnenie svahov	b (m)	B (m)	H (m)	S_{pp} (m^2)	O_1 (m)	O_2 (m)	O (m)	R (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	kamenná dlažba s vyškárovaním	4,0	7,75	1,15	6,76	4,0	4,15	8,15	0,829
2	zatrávnenie neudržované	4,0	8,50	1,50	9,38	4,0	5,41	9,41	0,996
3	stromový porast s kríkmi,neudržovaný	4,0	9,85	1,95	13,50	4,0	7,01	11,01	1,226

Vysvetlivky k Tab. 1: b – šírka dna (m), B – šírka koryta v brehoch (m); H – hĺbka koryta (m); S_{pp} – plocha prietokového profilu (m^2); O_1-čiastkový omočený obvod – dno (m), O_2-čiastkový omočený obvod – svahy (m), O - celkový omočený obvod (m); R – hydraulický rádius (m).

Tab. 2 Hydraulické charakteristiky modelových prietokových profilov
Table 2: Hydraulic characteristics of the model flow profiles

P. č.	Spevnenie svahov	d_e (m)	n_1 (-)	n_2 (-)	n (-)	i (%)	v (m.s^{-1})	Q_k (m^3.s^{-1})
1	2	3	4	5	6	8	9	10
1	kamenná dlažba s vyškárovaním	0,03	0,027	0,024	0,0255	1,00	3,42	23,12
2	zatrávnenie neudržované	0,03	0,027	0,050	0,0397	1,00	2,51	23,57
3	stromový porast s kríkmi, neudržovaný	0,03	0,027	0,100	0,0700	1,00	1,72	23,18

Vysvetlivky k Tab. 2: d_e - rozmer efektívneho zrna (m), n_1- čiastkový stupeň drsnosti – dno (-), n_2- čiastkový stupeň drsnosti – svahy (-), n – celkový stupeň drsnosti; i – pozdĺžny sklon (%); v – priemerná profilová rýchlosť (m . s^{-1}), Q_K – kapacitný prietok ($m^3.s^{-1}$).
Z Tab. 1 a Tab. 2 vyplýva, že na bezpečný prietok Q_{100} = 22,82 $m^3.s^{-1}$ je pre rôzne druhy pozdĺžneho spevnenia svahov koryta vodného toku Pomiaslo (tab. 1, stĺpec 2) potrebná rozdielna plocha prietokového profilu (tab. 1, stĺpec 6), ktorá sa pohybuje v rozpätí od S_{pp} = 6,76 m^2 (pre modelový prietokový profil so spevnením svahov kamennou dlažbou s vyškárovaním) do S_{pp} = 13,50 m^2 (pre modelový prietokový profil s neudržovaným stromovým porastom s krami). Z výpočtov vyplýva aj rozdiel medzi šírkou koryta v brehoch (tab. 1, stĺpec 4), ktorá sa pohybuje v rozpätí od B = 7,75 m (pre modelový prietokový profil so spevnením svahov kamennou dlažbou s vyškárovaním) do B = 9,85 m (pre modelový prietokový profil s neudržovaným stromovým porastom s krami). Tento údaj je dôležitý najmä v súvislosti s obmedzeným priestorom v okolí toku v intraviláne mesta Zvolen. Vypočítané hodnoty výšky prietokového profilu sa pohybujú v rozpätí od H = 1,15 m (pre modelový prietokový profil so spevnením svahov kamennou dlažbou s vyškárovaním) do H = 1,95 m (pre modelový prietokový profil s neudržovaným stromovým porastom s krami).

PREVENTÍVNE OPATRENIA A ZÁSADY STAROSTLIVOSTI O BREHOVÉ PORASTY V MALÝCH POVODIACH S OHĽADOM NA POVODŇOVÉ PRIETOKY

- Starostlivosť o brehové porasty a ich údržbu a prehliadky korýt je potrebné vykonávať pravidelne a systematicky. Doporučujeme dva krát ročne a po zvýšených prietokoch.
- Vykonávať komplexnú starostlivosť o brehovú vegetáciu integrovane (v kontexte celkového posúdenia návrhu ochrany, vrátane malých povodí) s návrhom konkrétnych opatrení v intravilánoch aj extravilánoch pre jednotlivé čiastkové povodia.
- V starostlivosti a údržbe brehovej vegetácie rozlišovať starostlivosť v intraviláne a v extraviláne v súvislostiach (ekonomika, technika, miera zásahu atď.) a so zohľadnením jej hlavnej funkcie. V extravilánoch malých povodí hlavne zabezpečiť stabilitu brehov a protierózne opatrenia so zohľadnením výskytu povodňových prietokov a zabezpečením predpokladanej kapacity prietokového profilu.
- Údržbou smerovať k zachovaniu navrhovanej alebo prirodzenej kapacity prietokového profilu najmä vo vzťahu ku kulminačným prietokom.
- V návrhoch starostlivosti zohľadňovať druh (bylinnotrávny, krovitý a stromový porast) a priestorové usporiadanie brehovej vegetácie pozdĺž celého toku a v priečnom profile.
- Zohľadňovať vegetačné podmienky v zmysle ovplyvňovania rýchlosti prietoku. Z literatúry je známe, že bylinnotrávna vegetácia môže vplyvom vysokých prietokov poľahnúť, čím sa podstatne zníži jej stupeň drsnosti a zvýši sa rýchlosť prietoku v prietokovom profile, resp. v jeho blízkosti.
- Zohľadňovať kvalitu a výstavbu porastu (vek, výška, zdravotný stav, hustota). Staré, choré a nestabilné jedince sú potenciálnym ohrozením atď.
- Trávové porasty udržiavať kosením 1 až 2 krát ročne, pričom by sa mala zachovať výška kosby 4-5 cm a doosievaním.
- Mechanizáciu prác a voľbu techniky prispôsobiť prírodným, technickým a ekonomickým možnostiam so zreteľom na nevyhnutnosť a mieru zásahu prírode blízkym spôsobom. Použitie mechanizácie je limitované najmä technickými parametrami použitej mechanizácie a sklonom svahov toku, ich dostupnosťou pre techniku.
- Údržba krovitých porastov, hlavne krovitých vŕb, so zohľadnením ochrany brehov bez nepriaznivého vplyvu na prietok vody korytom sa zameriava hlavne na udržiavanie optimálnej hustoty a zachovania ich pružnosti. Zrezávanie je potrebné opakovať pri vyšších formách vŕb po 2-3 rokoch, pri nižších formách vŕb po 6 -7 rokoch.
- Starostlivosť o stromové brehové porasty vychádza hlavne z posudzovania ich celkového zdravotného stavu, stability (vzhľadom na ich umiestnenie) a vzniku potenciálnych eróznych javov v dôsledku podomletia a náhlej zmeny ťažiska a pod..
- Nevhodné, poškodené a nestabilné stromy je potrebné odstrániť s ponechaním koreňových systémov v pôde, ktoré i naďalej plnia stabilizačnú funkciu. Tieto zvyšujú faktor stability (Fs) brehov koryta tzv. prídavnou kohéziou a mechanicky spevňujú pôdu. Podobne aj stabilné pne s pevne ukotvenými

koreňmi by nemali byť porušené, lebo aj tieto naďalej plnia stabilizačnú funkciu na brehu (JAKUBISOVÁ 2013).

- Neodkladne stabilizovať viditeľné prejavy erózie (napr. potenciálne vývraty stromov) vzniknuté na brehoch tokov prostredníctvom vhodných melioračných metód a zásahov, s použitím prírode blízkeho materiálu. Zabezpečiť dôkladné odstránenie zvyškov poškodených drevín a ich častí z koryta.
- Sanovať z korýt tokov prekážky vytvorené nánosmi zo zachytených častí odumretých drevín a ostatného drevného odumretého odpadu. Pozornosť venovať najmä tým, ktoré sú zachytené kolmo na os toku. Rýchlosť prúdenia v zúženej časti prietokového profilu sa zvyšuje, následne dochádza k akcelerácii erózie až tvorbe výmoľov pod priečnou prekážkou. Z nahromadeného mŕtveho dreva a jeho častí hrozí počas vyšších prietokov pretrhnutie týchto prekážok (prielomová vlna), pričom v nižších úsekoch toku môže dôjsť k upchávaniu, resp. aj devastácii inžinierskych objektov (priepusty, lávky, mosty).
- Dbať na dôsledné odstránenie zvyškov po ťažbe dreva a vhodné umiestnenie lesných skladov dreva (nie v blízkosti toku a v zaplavovanej oblasti).
- Vysporiadať sa so stretmi záujmov ochranárov a lesníkov, hlavne v chránených územiach.

ZÁVER

V celospoločensky mimoriadne dôležitej problematike ochrany území pred povodňami a v procesoch integrovaného manažmentu povodí sú brehové porasty významným prvkom s dôležitými funkciami. Starostlivosť o ne má v preventívnej protipovodňovej ochrane dôležité miesto. V rámci integrovaného manažmentu povodí by mala úroveň tejto starostlivosti zodpovedať celospoločenskému významu vodných tokov a riziku povodňových škôd v konkrétnych povodiach. Dôležitosť brehových porastov a problematika ich manažmentu v súvislosti s povodňovými prietokmi je nesporná. Aktuálnosť témy a fenoménu povodní vo vzťahu k brehovým porastom narastá aj z pohľadu TUR (trvalo udržateľného rozvoja), územného plánovania a manažmentu krajiny. Rozsah a zložitosť témy narastá s množstvom faktorov a podmienok ovplyvňujúcich návrhy starostlivosti o brehové porasty a prevenciu pred znižovaním prietokovej kapacity toku, so zohľadnením priestorovej distribúcie brehových porastov a ich ďalších charakteristík. Integrovaná ochrana pred povodňami by sa mala primárne sústrediť na preventívne opatrenia na bystrinných tokoch v malých povodiach, kde dochádza v prípade zvýšených prietokov k vzniku a transportu veľkého množstva splavenín a potenciálnej hrozby vzniku prielomovej vlny s devastačnými dôsledkami pre krajinu a človeka. Rozsiahle investičné úpravy na veľkých tokoch majú význam a sú komplexné až vtedy, ak sú v rámci koncepcií protipovodňovej ochrany území zahrnuté aj opatrenia v malých povodiach bystrinných tokov. Klimatické zmeny čoraz častejšie a intenzívnejšie vyvolávajú povodňové prietoky a postihujú plošne rozsiahlejšie územia, kedy voda na svojej ceste nestihne bezpečne odtiecť a nekontrolovateľne sa vyleje z koryta. Tomuto javu prispievajú pri zanedbanej starostlivosti aj brehové porasty, kedy sa voda počas povodňových prietokov vylieva z koryta vo väčšej miere, skôr a častejšie. Odumretá alebo poškodená brehová vegetácia (kmene stromov, konáre, zostatky inej vegetácie atď.) počas vyšších a povodňových prietokov môže byť príčinou ohrozenia inžinierskych objektov na vodných tokoch (mosty, priepusty, lávky a podobne), vzniku upchávok, čo sa následne prejaví vo vysokých povodňových škodách. Multidisciplinárne posudzovanie problematiky (vodohospodári, hydrológovia, lesníci, poľnohospodári atď.) je predpokladom optimálneho riešenia a získavania cenných údajov a ich následného uplatňovania v praxi. Z existujúcich poznatkov je zrejmé, že ako druh brehovej vegetácie, tak aj úroveň starostlivosti o ňu významne ovplyvňujú prietokovú kapacitu prirodzených prietokových profilov a tým aj povodňové prietoky.

LITERATÚRA

ANDERSON, B. G., RUTHEFURTH, I. D., WESTERN, A. W., 2006: An analysis of the influence of riparian vegetation on the propagation of flood waves. Melbbourne: University of Melbroune and the Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, 6 p.

ARNAUD-FASETTA, G., CARCAUD, N., CASTANET, C., SALVADOR, P. G. 2009: Fluviatile palaeoenvironments in archaeological context: Geographical position, methodological approach and global change-Hydrological risk issues. Elsevier, Quarternary International, pp. 1 – 25.

AZECHI, I., KINOSE, K., SHIMADA, M., TANAKA, T. 2007: Manning roughness coefficient of open channel flow over submerget vegetation. Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering, No. 248, pp. 41-46.

BENNETT, S. J., SIMON, A. (EDS.) 2004: Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology. Washington, DC: American Geophysical Union, pp. 282.

BRAY, D. I. 1979: Estimating Average Velocity in Gravel-Bed Rivers. Journal of the Hydraulic Division, Vol. 105, No. 9, pp.1103-1122.

FREAD, D., L. 1991: Flood routing models and the Manning n. In: Yen, B. C. (ed.):Channel flow resistance: Centennial of Manning˘s Formula. Water Resources Publication, Littleton, Colorado, USA, pp. 421-435.

HOTCHKISS, R. H., FREI, CH. M.. 2007: Design for Fish Passage at Roadway-Stream Crossings: Synthesis Report. Pulman, WA: Washington State University, Report No: FHWA-HIF-07-033, 280 pp.

HUPP, C. R., OSTERKAMP, W. R. 1996: Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. Geomorphology, Vol. 14, pp. 277-295.

JAKUBIS, M., 2000: A contribution to determination of the roughness coefficient of the drainage and irrigation channels with slopes reinforced with grassing. ICID Journal, 49, 2000, No. 3, Chanakyapuri, New Delhi, India, s. 41-54.

JAKUBIS, M., 2001: Význam brehových porastov na prítokoch vodárenských nádrží z hľadiska upraviteľnosti a kvality vody. In: Kalousková, N., Dolejš, P. (eds.): Zborník konferencie Pitná voda 2001. České Budějovice: W&ET Team, 2001, s. 307-312.

JAKUBIS, M., 2004: Hodnotenie brehových porastov bystrín k. ú. Zvolen z hľadiska ohrozenia krajiny povodňami. In: Benčať, T. (ed.): Zborník referátov z konferencie Krajinné štruktúry a mimolesná vegetácia Zvolenskej kotliny. Poniky, 2004, s. 62 – 69.

JAKUBIS, M. 2007: Analýza kapacity prirodzených prietokových profilov a možnosti využitia výsledkov v procesoch preventívnej starostlivosti o bystriny. In: Klč, P., Zajacová, J. (eds.): Zborník referátov MVK Lesnické stavby a jejich perspektivy. Praha: ČZU, Fakulta lesnická a environmentální, s. 29 – 36.

JAKUBIS, M., 2008. Význam brehových porastov prítokov vodárenských nádrží v ochrane pred zanášaním. In: Kalousková, N., Dolejš, P. (eds.) : Sborník konference Pitná voda 2008. České Budějovice: VandET Team, s. 59-64.

JAKUBIS, M., 2009: Význam starostlivosti o brehové porasty v kontexte preventívnej ochrany krajiny pred povodňami. In: Kodrík, M., Hlaváč, P. (eds.) Zborník vedeckej konferencie Ochrana lesa 2009. Zvolen: LF TU vo Zvolene, 7 s.

JAKUBISOVÁ, M., 2009: Význam starostlivosti o brehové porasty v kontexte preventívnej ochrany krajiny pred povodňami. In: Kodrík, M., Hlaváč, P. (eds.) Zborník vedeckej konferencie Ochrana lesa 2009. Zvolen: LF TU vo Zvolene, 7 s.

JAKUBISOVÁ, M., 2013: Brehové porasty a povodňové prietoky. In: Jakubis, M., Podkonický, L. (eds.) Zborník vedeckej konferencie Súčasný stav a východiská protipovodňovej ochrany v SR – technické a biotechnické opatrenia v povodiach. Zvolen: TU vo Zvolene, s. 69 – 76.

JAKUBIS, M. 2009: Interval opakovania prietoku plným prietokovým profilom v prirodzených korytách vodných tokov v malých povodiach. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLXI, s.77-87.

KOUWEN, N., UNNY, T. E., HILL, H. M. 1969: Flow retardance in Vegetated Channel. Journal of Irrigation and Drainage, Div. ASCE IR2, pp. 329-342.

NOVÁK, L., IBLOVÁ, M., ŠKOPEK, V., 1986: Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Praha: SNTL, 244 s.

SHAHALAM, A. B., MANSOUR, A. R. 1988: New method for the prediction of resistance coefficients for natural streams. Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 2, 85, Paper 9342, pp. 517-531.

STURM, W. T. 2001: Open Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill Inc., 493 pp.

VALTÝNI, J., JAKUBIS, M., 2000: Analýza závislosti stanovištných podmienok brehových porastov od hydraulických charakteristík koryta. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLII., 2000, s. 367-376.

ZELENÝ, V., JAŘABÁČ, M., 1977: Vliv porostů dřevin a keřů na průtočnost koryt vodních toků. In: Komplexní racionalizace v úpravách vodních toků. Ostrava: Dům techniky ČVTS, s. 25 – 32.

ZELENÝ, V., JAŘABÁČ, M., CHLEBEK, A., 1984: Vliv břehových porostů na průtočnost vody korytem. Lesnictví, 30 (LVII), č. 5, s. 397 – 712.
Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona SNR č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) z 13. mája 2004
Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami z 2. decembra 2009
Illustration: Paul Lennon in Price, P, Lovett, S & Lovett, J (2005), Wool Industry river management guide: Sheep/wheat zones, Land & Water Australia, Canberra.

Príspevok vznikol s podporou Grantovej agentúry VEGA v súvislosti s riešením projektu č. 1/0918/12 Kvantifikácia a predikcia erózie na brehoch malých vodných tokov. Autorka vyslovuje GA poďakovanie.

Adresa autorky:
Ing. Mariana Jakubisová, PhD.
Arborétum Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene
Borovianska cesta 66, 960 53 Zvolen
e-mail: jakubisova@tuzvo.sk

Možnosti využívania funkcií ekosystémov v prevencii pred povodňami a suchom

Čaboun, V., Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, caboun@nlcsk,org., Julény, J., Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky Bratislava, jan.juleny@enviro.gov.sk

Abstrakt

Rôzne ekosystémy majú rôzny vplyv na tvorbu, priebeh a ovplyvnenie povodní, sucha a ďalších stále častejšie sa vyskytujúcich extremít počasia. Bez poznania zákonitostí týchto funkcií jednotlivých druhov ekosystémov v konkrétnych podmienkach nie je možné ich účinné využitie pri manažmente krajiny v prevencii pred povodňami a suchom. Významným prvkom v krajine s pomerne širokými možnosťami využitia ich funkcií sú lesy a mimo les rastúce spoločenstvá drevín. Preto bol vytvorený klasifikačný systém funkcií drevín a ich spoločenstiev v krajine, ako aj systém integrovaného využitia týchto funkcií ľudskou spoločnosťou. Okrem potreby vytvorenia expertného rozhodovacieho systému optimalizácie priestorového usporiadania a využívania vidieckej krajiny s cieľom minimalizácie negatívnych dopadov klimatických zmien je dôležité udržiavať a obnovovať priaznivý stav ekosystémov z hľadiska plnenia a využívania ich funkcií v prevencii pred povodňami a suchom.

Kľúčové slová

Funkcie lesa, hydrické funkcie, prevencia, povodne sucho, hradenie bystrín

Úvod

Jednotlivé ekosystémy majú rôzny vplyv na tvorbu, priebeh a ovplyvnenie povodní, sucha a ďalších stále častejšie sa vyskytujúcich extremít počasia. Bez poznania zákonitostí týchto funkcií jednotlivých druhov ekosystémov v konkrétnych podmienkach nie je možné ich účinné využitie pri manažmente krajiny v prevencii pred povodňami a suchom.

Najčastejšie sa vyskytujúce prírodné hrozby v podmienkach Slovenskej republiky sú sucho, veterná erózia a sedimentácia, povodeň, zamokrenie, vodná erózia a sedimentácia a zosuvy.

Určujúcimi faktormi výslednice odtokového množstva a jeho časových zmien sú: geomorfológia reliéfu (sklonitosť, reliéfova členitosť a pod.), edafické a hydrogeologické podmienky povodia (charakter priepustnosti pôdy a hornín, hrúbka pôdneho profilu, prítomnosť zvodnených vrstiev a pod.), meteorologické podmienky (dĺžka trvania a intenzita zrážok, spolupôsobenie horizontálnych zrážok a pod.), vodná bilancia jednotlivých ekosystémov (intercepcia, zásoby pôdnej vody, stav cestnej siete vo vzťahu k povrchovému odtoku a pod.), spôsob využívania územia (celková lesnatosť povodia a štruktúra nelesnej krajiny povodia a pod.).

Významným prvkom v krajine s pomerne širokými možnosťami využitia ich funkcií, najmä hydrických funkcií, sú lesy a mimo les rastúce spoločenstvá drevín. Preto bol vytvorený klasifikačný systém funkcií drevín a ich spoločenstiev v krajine, ako aj systém integrovaného využitia týchto funkcií ľudskou spoločnosťou.

Okrem potreby vytvorenia expertného rozhodovacieho systému optimalizácie priestorového usporiadania a využívania vidieckej krajiny s cieľom minimalizácie negatívnych dopadov klimatických zmien je dôležité udržiavať a obnovovať priaznivý stav ekosystémov z hľadiska plnenia a využívania ich funkcií v prevencii pred povodňami a suchom.

Hydrické funkcia lesa patria medzi najznámejšie a najvýznamnejšie tzv. mimoprodukčné funkcie. Rozumie sa tým v najširšom zmysle slova vplyv lesa na vodou a vodný režim v krajine. Interakcie medzi lesom, vodou a ostatnými zložkami prostredia sú veľmi premenlivé. Les je tiež iba jedným z

činiteľov obehu vody v krajine, takže jeho vplyv na vodný režim je v rôznych podmienkach rozdielny. Všeobecne sa hodnotí z čiastkových kvantitatívnych i kvalitatívnych hľadísk v oblasti zrážok, odtoku, výparu, celkovej bilancie i kvality vody a komplexne z hľadiska rôznych potrieb v konkrétnych povodiach.
Konkrétny účinok lesných porastov v určitom povodí môže byť veľmi špecifický nakoľko odtok je determinovaný komplexom faktorov, z ktorých viaceré môžu pôsobiť protichodne a komplikujú tak správanie sa celého zrážkovoodtokového systému v danom povodí. Určujúcimi faktormi výslednice odtokového množstva a jeho časových zmien sú najmä (MINĎÁŠ et al. 1998): 1) geomorfologická charakteristika reliéfu (sklonitosť, reliéfova členitosť a pod.), 2) hydrogeologická stavba povodia (charakter priepustnosti hornín, prítomnosť zvodnených vrstiev a pod.), 3) meteorologické podmienky (dĺžka trvania a intenzita zrážok, spolupôsobenie horizontálnych zrážok a pod.), 4) vodná bilancia lesných porastov (intercepcia, zásoby pôdnej vody, stav lesnej cestnej siete vo vzťahu k povrchovému odtoku a pod.), 5) celková lesnatosť povodia a štruktúra nelesnej krajiny povodia. Z hľadiska účinku vegetácie a osobitne lesov v hydrologickom režime krajiny je určujúci predovšetkým ich transformačný účinok na atmosférické zrážky a celkovú vodnú bilanciu lesných porastov a lesných pôd.
Vzájomný vzťah medzi lesom a odtokom vody z povodia, predovšetkým výskytom povodňových prietokov, bol už začiatkom 20. storočia potvrdený experimentálnym výskumom. Už prvé výsledky výskumu potvrdili priaznivý vplyv lesa na odtok vody, prejavujúci sa vo vyrovnávaní odtokových extrémov, predovšetkým v znižovaní extrémne veľkých, povodňových prietokov. Rozdielnosť stanovištných podmienok i samotných lesných porastov a rôzne metódy skúmania však podmienili rozdielnosť názorov na niektoré výsledky lesnícko-hydrologického výskumu i rozdielne názory na ovplyvňovanie jednotlivých zložiek kolobehu vody lesom.

Teoreticko-metodické východiská

Napriek tomu, že problematika funkcií lesov bola riešená najmä v 70-80-tych rokoch 20. storočia, problematika funkcií drevín a ich spoločenstiev v krajine nebola v nových ekologických a socio-ekonomických podmienkach Slovenska doteraz uspokojivo komplexne riešená. Moderný ekologický prístup k lesu a jeho funkciám v krajine musí zohľadniť najnovšie poznatky ekosystémového výskumu lesa. Takýto pohľad na lesné ekosystémy musí nevyhnutne zohľadňovať dlhodobý časový faktor prinášajúci rôznu dynamiku zmien ekologických, ekonomických i sociálnych podmienok, ale najmä iný pohľad na funkcie lesa a ich využívanie. Z tohto pohľadu sa javí podstatne efektívnejšia a pragmatickejšia cesta funkčnej integrácie a nie cesta účelovej diferenciácie a priorizácie niektorej z funkcií, ako je to v súčasnosti.
Výmera lesa na Slovensku je 2 006 172 ha čo je takmer 42 % územia SR (rok 2007, Zelená správa 2007). Okrem uvedenej výmery sa na Slovensku eviduje 39 tis. ha poľnohospodárskych pozemkov pokrytých lesnými drevinami, 48 tis. ha poľnohospodárskej pôdy nevhodnej na poľnohospodársku produkciu a 250 tis. ha máloproduktívnych trávnatých porastov . Ak pripočítame plochu brehových porastov, remízok, parkov, záhrad, stromov okolo líniových stavieb, jednotlivo i hlúčikovito rastúcich roztrúsených drevín a ich spoločenstiev vo vidieckej i urbanizovanej krajine, zistíme, že dreviny a ich spoločenstvá sa vyskytujú a perspektívne sa budú vyskytovať na viac, ako polovici územia našej republiky.
V našom metodickom prístupe sú jasne a striktne od seba odlíšené a odčlenené funkcie drevín a ich spoločenstiev v krajine (ponímané ako vplyvy, či pôsobenie na jednotlivé zložky životného prostredia) od využívania týchto funkcií (vplyvov) človekom, záujmovými skupinami, alebo celou spoločnosťou za odplatu (finančnú náhradu)(Čaboun, 2007).
Z ekosystémového prístupu k triedeniu funkcií lesov, mimo les rastúcich drevín a ich spoločenstiev v krajine vyplýva, že rozlišujeme základné funkcie drevín a ich spoločenstiev v krajine pôsobiace na abiotické zložky životného prostredia (vzduch, vodu, pôdu) a na biotické zložky (rastliny, živočíchy, mikroorganizmy, človek). Takto dreviny a ich spoločenstvá v krajine plnia edafickú, atmosferickú, hydricku a litickú funkciu v oblasti abiotických zložiek ekosystému a v oblasti pôsobenia na biotické zložky ekosystému, sa uplatňuje fytobiotická, zoobiotická, mikrobiotická a antropická funkcia. Inými slovami povedané, ide o kvalitu a kvantitu vplyvu drevín a ich spoločenstiev na pôdu, klímu, vodu, horniny, rastliny, živočíchov, mikroorganizmy a na človeka.

Tieto funkcie sú ďalej členené na jednotlivé parciálne funkcie. Konkrétne hydrické funkcie delíme na retenčnú funkciu, teda vplyv na zadržiavanie zrážkovej vody, akumulačnú hydrickú funkciu – vplyv na hromadenie vody, retardačnú funkciu – vplyv na spomaľovanie odtoku, regulačnú hydrickú funkcia – vplyv na vyrovnanosť odtoku vody, vodoochrannú funkciu, zahrňujúcu vplyv drevín a ich spoločenstiev na kvalitu a hygienu vody vrátane mútnosť tokov a následného zanášania nádrží a priradili sme sem aj všetky niválne funkcie, teda vplyv drevín a ich spoločenstiev na kvalitu, kvantitu a pohyb snehu. Miera a intenzita vplyvu závisí od množstva faktorov, medzi ktorými zohrávajú dominantné postavenie ekologické podmienky a štruktúra lesa, resp. sledovaného ekosystému. Pritom máme na mysli štruktúru druhovú, vekovú a priestorovú, ktorá s ďalšími ukazovateľmi je tesne naviazaná na ekologickú rovnováhu a ekologickú stabilitu predmetného ekosystému.
Veľmi dôležitou a neoddeliteľnou súčasťou výskumu je popri hodnotení a kvantifikácii funkcií, teda vplyvu jednotlivých druhov drevín a ich spoločenstiev na jednotlivé zložky ekosystému, aj spôsob a forma pôsobenia v rôznych podmienkach. Toto je významné najmä z hľadiska aplikácie – cieleného využívania funkcií lesa, resp. drevín v krajine. Komplex uvedených funkcií, chápaných ako komplex vplyvov, ktoré môže skupina ľudí, jednotlivci, alebo aj ľudská spoločnosť v konkrétnych podmienkach parciálne, alebo integrovane využívať na hospodárske, alebo sociálne účely.
Z potenciálnej možnosti integrovaného využitia funkcií drevín a ich spoločenstiev vyplýva, že do oblasti využívajúcich funkcie lesov, ako aj iných spoločenstiev drevín v krajine, v hospodárskej oblasti patrí lesné hospodárstvo, vodné hospodárstvo, poľovníctvo, poľnohospodárstvo, energetika, potravinárstvo, stavebníctvo, chemický priemysel, kozmetika, farmácia a pod. Podobne môžu byť funkcie lesa využívané v sociálnej oblasti, teda pre rekreáciu, liečenie, hygienu, pri ochrane prírody, tvorbe a ochrane životného prostredia, pre vedu a výskum, výchovu a vzdelávanie, estetiku a umenie, z kultúrno-historického hľadiska a pod. Uvedené triedenie funkcií lesa tvorí základnú informačnú bázu pre možnosť využitia funkcií drevín a ich spoločenstiev v krajine ľudskou spoločnosťou. Vzhľadom na trhový mechanizmus je teda potrebné vytvoriť čo najširšiu ponuku možností využitia funkcií drevín a ich spoločenstiev a postupne vytvárať aj legislatívne návrhy riešenia finančnej odplaty za využívanie funkcií lesa v hospodárskej i sociálnej sfére.
Z uvedeného vyplýva, že výskum hydrických funkcií lesov môže byť úspešne využívaný aj v hydrológii ako vednej disciplíny zaoberajúcej sa zákonitosťami časového a priestorového rozloženia a obehu vody na Zemi vrátane jej fyzikálnych, chemických a biologických vlastností. Naopak hydrologické poznatky sú pre nás kľúčom pre stanovenie a kvantifikovanie hydrických funkcií drevín a ich spoločenstiev v krajine a ich účelného využívania v rôznych oblastiach ľudskej činnosti.
Našim cieľom je vytvorenie klasifikačného systému hodnotenia potenciálu funkcií lesov a hodnotenia reálneho plnenia funkcií lesa rastúceho v rôznych stanovištných podmienkach a typoch krajiny s rôznym využívaním a stupňom antropického pozmenenia. Dôraz bude kladený na reálny stav lesa, jeho súčasnú druhovú, vekovú a priestorovú štruktúru, ekologickú stabilitu, zohľadňujúcu nielen historický vývoj a súčasný stav, ale aj jeho predpokladaný vývoj, očakávané globálne i regionálne (najmä klimatické) zmeny a antropogénne vplyvy, ako aj celospoločenské požiadavky a záujmy majiteľov lesov.

Lesnícke meliorácie

Lesnícke meliorácie znamenajú súbor opatrení, ktorými možno zlepšiť prírodné prostredie. Pritom sa vychádza zo všeobecného chápania meliorácií v poľnohospodárstve, lesnom hospodárstve a vodnom hospodárstve, kde sa meliorácie uskutočňujú v záujme zlepšenia prírodného prostredia, a to vo vzťahu k organizmom a k človeku.

V minulosti sa náplň meliorácií menila, a to v závislosti od spoločenských potrieb, možnosti uskutočňovania i stupňa ich poznania. Napriek tomu v rozličných prírodno-hospodárskych podmienkach v nich badať niektoré stále prvky a tendencie.
Medzi ne patrí predovšetkým snaha využiť les a lesnícko-technické prostriedky na úpravu obehu vody v prírode, na zlepšenie hospodárenia s vodou, ochranu pred jej škodlivými účinkami (erózia, povodne, zamokrenie), ochranu vody pred jej znečisťovaním. V tomto smere sa lesnícke meliorácie zameriavajú na zlepšenie hydrických funkcií lesa a úpravu vodných tokov, najmä ich horných častí, bystrín.

Vodná bilancia lesných ekosystémov

Bilancia vody v lesnom ekosystéme vyjadruje vzájomný vzťah medzi príjmovými zložkami vody (atmosférické zrážky) a výdajovými zložkami vody (evapotranspirácia, odtok do povrchových a podzemných vôd). V prípade, že atmosférické zrážky (Z) sú jediným zdrojom vody pre lesný porast môžeme všeobecnú rovnicu vodnej bilancie vyjadriť nasledovne:

$$Z = \Delta W + ET + O$$

Z dlhodobého hľadiska preto platí, že priemerný úhrn zrážok sa rovná evapotranspirácii (ET) a odtoku (priesaku) vody (O). ΔW je zmena zásob vody v pôde a fytomase.

Z hľadiska posudzovania účinku lesov na transformáciu zrážok do povrchového (hydrologického) odtoku musíme osobitne zohľadňovať dva prípady. V prvom prípade ide o hodnotenie vplyvu lesa na celkovú vodnosť povrchových tokov, kedy rozhodujúcu úlohu zohráva veľkosť celkovej evapotranspirácie (celkový výpar) lesných ekosystémov, ktorá vo vzťahu k množstvu spadnutých zrážok udáva koľko vody opúšťa lesný ekosystém vo forme povrchového resp. podzemného odtoku. V druhom prípade ide o hodnotenie vplyvu lesa z hľadiska jeho protipovodňovej účinnosti, a to najmä vo vzťahu k tvorbe povrchového odtoku (stekanie zrážkovej vody po povrchu pôdy), kedy rozhodujúci význam má hodnotenie okamžitého záchytu zrážok v korunách lesných porastov (intercepcia) a stav bylinnej vrstvy a vrstvy nadložného humusu, ktoré majú rozhodujúci podiel na infiltráciu padajúcich dažďových kvapiek do pôdneho prostredia. Pozrime sa preto bližšie na rozhodujúce procesy, ktoré v konečnom dôsledku určujú akú úlohu bude lesný ekosystém zohrávať v hydrologickom režime krajiny.

Kantor (1984) študoval v experimentálnom dospelom smrekovom a bukovom poraste v Orlických horách (890 m.n.m.) všetky zložky vodnej bilancie. Z priemerných ročných zrážok volnej plochy 1296 mm pripadlo v smrekovom poraste na sumárny výpar 487 mm = 37,6 % (intercepcia 212 mm = 16,3 %, transpirácia 195 mm = 15,1 %, evaporácia z pôdy 80 mm = 6,2 %). V bukovom poraste 344 mm = 26,5 % (intercepcia 86 = 6,7 %, transpirácia 181 mm = 13,9 %, , evaporácia z pôdy 77 mm = 5,9 % zrážok z volnej plochy). Povrchový odtok bol v dôsledku značnej retenčnej schopnosti lesných pôd v obidvoch porastoch zanedbateľný. Rozhodujúca časť zrážkových vôd odtiekla v podzemnej forme. Zo smrekového porastu to bolo ročne priemerne 773 mm, z bukového 909 mm. Experimentálnym sledovaním v Orlických horách bola potvrdená nevýznamnosť rozdielu evaporačných hodnôt medzi zrovnávanými porastami. Celoročný priemer pri smreku bol 80,2 mm = 6,2 %, pri buku 76, 8 mm = 5,9 % zrážok.

Kľúčové kritériá základného rozhodovacieho systému možnosti a miery využitia hydrickej funkčnej účinnosti lesných ekosystémov v krajine v rôznych ekologicko – funkčných a sociálno – ekonomických podmienkach sú uvedené v tab. 1 – 6 (Čaboun a kol. 2010):

Tab. 1. Kľúčové kritériá základného rozhodovacieho systému možnosti a miery využitia retenčnej funkčnej účinnosti lesných ekosystémov v krajine v rôznych ekologicko – funkčných a sociálno – ekonomických podmienkach:

Retenčná hydrická funkcia – vplyv na zadržiavanie zrážkovej vody			
Kľúčové kritéria	**Možnosti využitia**		
	Veľmi dobré	**Dobré**	**Obmedzené**
Typ pôdy	Ťažké ílovité a ílovito-hlinité pôdy	Stredne ťažké hlinité, až piesčito-hlinité pôdy	Ľahké piesčité pôdy
Vlhkosť pôdy	Mierne vlhká pôda	Stredne vlhké pôdy	Vlhké, značne nasýtené pôdy, veľmi vysušené hydrofóbne pôdy
Hydrogeologická stavba	Usadeniny flyšového pásma	Karbonátové horniny bradlového pásma	Jadrové a sopečné pohoria
Infiltračná schopnosť povrchu	Malá s malým množstvom organických látok (najmä humusu)	Stredná so stredným množstvom organických látok (najmä humusu)	Veľká s veľkým množstvom organických látok (najmä humusu)

Lesnatosť	Do 40 %	41 -60 %	Nad 60 %
Lokalizácia územia	Horná časť povodia	Stredná časť povodia	Dolná časť povodia
Intercepcia	Veľmi malá a malá	stredná	veľká
Štruktúra porastu	Stanovišťu zodpovedajúca prírode blízka štruktúra so zakmenením 1 - 0,7	Mierne pozmenená štruktúra so zakmenením 0,7 - 0,3	Značne pozmenená štruktúra so zakmenením pod 0,3
Zdravotný stav porastu	Zdravý porast	Mierne poškodený porast	Značne poškodený porast
Prekorenenie pôdy	Silné prekorenenie, srdcovitý koreňový systém	Stredne silné prekorenenie, povrchový koreňový systém	Slabé prekorenenie, kolovitý koreňový systém
Klimatické podmienky územia	Oblasť s vysokou snehovou pokrývkou, výskytom veľmi častých extremít zrážok a sucha	Oblasť so značnou snehovou pokrývkou, s výskytom pomerne častých extremít zrážok a sucha	Oblasť s priemernou snehovou pokrývkou, s občasným výskytom extremít zrážok a sucha

Tab. 2. Kľúčové kritériá základného rozhodovacieho systému možnosti a miery využitia akumulačnej funkčnej účinnosti lesných ekosystémov v krajine v rôznych ekologicko – funkčných a sociálno – ekonomických podmienkach:

Akumulačná hydrická funkcia – vplyv na hromadenie vody			
Kľúčové kritéria	**Možnosti využitia**		
	Veľmi dobré	**Dobré**	**Obmedzené**
Štruktúra porastu	Stanovišťu zodpovedajúca prírode blízka štruktúra	Mierne pozmenená štruktúra	Značne pozmenená štruktúra
Lokalizácia územia	Horná časť povodia	Stredná časť povodia	Dolná časť povodia
Lesnatosť	Do 40 %	41 -60 %	Nad 60 %

Tab. 3. Kľúčové kritériá základného rozhodovacieho systému možnosti a miery využitia retardačnej funkčnej účinnosti lesných ekosystémov v krajine v rôznych ekologicko – funkčných a sociálno – ekonomických podmienkach:

Retardačná hydrická funkcia – vplyv na spomaľovanie odtoku			
Kľúčové kritéria	**Možnosti využitia**		
	Veľmi dobré	**Dobré**	**Obmedzené**
Infiltračná schopnosť povrchu	Malá s malým množstvom organických látok (najmä humusu)	Stredná so stredným množstvom organických látok (najmä humusu)	Veľká s veľkým množstvom organických látok (najmä humusu)
Typ pôdy	Ťažké ílovité a ílovito-hlinité pôdy	Stredne ťažké hlinité, až piesčito-hlinité pôdy	Ľahké piesčité pôdy
Vlhkosť pôdy	Mierne vlhká pôda	Stredne vlhké pôdy	Vlhké, značne nasýtené pôdy, veľmi vysušené hydrofóbne pôdy
Lokalizácia územia	Horná časť povodia	Stredná časť povodia	Dolná časť povodia
Štruktúra porastu	Stanovišťu zodpovedajúca prírode blízka štruktúra so	Mierne pozmenená štruktúra so zakmenením	Značne pozmenená štruktúra so zakmenením

	zakmenením 1 - 0,7	0,7 - 0,3	pod 0,3
Zdravotný stav porastu	Zdravý porast	Mierne poškodený porast	Značne poškodený porast
Lesnatosť	Do 40 %	41 -60 %	Nad 60 %
Prekorenenie pôdy	Silné prekorenenie, srdcovitý koreňový systém	Stredne silné prekorenenie, povrchový koreňový systém	Slabé prekorenenie, kolovitý koreňový systém
Klimatické a meteorologické podmienky	Oblasť s vysokou snehovou pokrývkou, výskytom veľmi častých extremít zrážok a sucha	Oblasť so značnou snehovou pokrývkou, s výskytom pomerne častých extremít zrážok a sucha	Oblasť s priemernou snehovou pokrývkou, s občasným výskytom extremít zrážok a sucha

Tab. 4. Kľúčové kritériá základného rozhodovacieho systému možnosti a miery využitia regulačnej funkčnej účinnosti lesných ekosystémov v krajine v rôznych ekologicko – funkčných a sociálno – ekonomických podmienkach:

Regulačná hydrická funkcia – vplyv na vyrovnanosť odtoku vody			
Kľúčové kritéria	**Možnosti využitia**		
	Veľmi dobré	**Dobré**	**Obmedzené**
Lokalizácia územia	Horná časť povodia	Stredná časť povodia	Dolná časť povodia
Veľkosť povodia	Veľké povodia	Stredné povodia	Malé povodia
Lesnatosť	Do 40 %	41 -60 %	Nad 60 %
Geomorfologická charakteristika reliéfu	Veľmi sklonitý a členitý reliéf s dlhými svahmi	Stredne sklonitý menej členitý reliéf s pomerne dlhými svahmi	Rovinatý málo členitý reliéf s krátkymi svahmi
Klimatické a meteorologické podmienky	Oblasť s vysokou snehovou pokrývkou, výskytom veľmi častých extremít zrážok a sucha	Oblasť so značnou snehovou pokrývkou, výskytom pomerne častých extremít zrážok a sucha	Oblasť s priemernou snehovou pokrývkou, s občasným výskytom extremít zrážok a sucha
Štruktúra porastu	Stanovišťu zodpovedajúca prírode blízka štruktúra so zakmenením 1 - 0,7	Mierne pozmenená štruktúra so zakmenením 0,7 - 0,3	Značne pozmenená štruktúra so zakmenením pod 0,3
Hydrogeologická stavba	Usadeniny flyšového pásma	Karbonátové horniny bradlového pásma	Jadrové a sopečné pohoria
	Ťažké ílovité a ílovito-hlinité pôdy	Stredne ťažké hlinité, až piesčito-hlinité pôdy	Ľahké piesčité pôdy

Tab. 5. Kľúčové kritériá základného rozhodovacieho systému možnosti a miery využitia vodoochrannej funkčnej účinnosti lesných ekosystémov v krajine v rôznych ekologicko – funkčných a sociálno – ekonomických podmienkach:

Hydrické funkcia lesa - vodoochranná - vplyv na kvalitu a hygienu vody			
Kľúčové kritéria	**Možnosti využitia**		
	Veľmi dobré	**Dobré**	**Obmedzené**

Infiltračná schopnosť povrchu	Malá s malým množstvom organických látok (najmä humusu)	Stredná so stredným množstvom organických látok (najmä humusu)	Veľká s veľkým množstvom organických látok (najmä humusu)
Typ pôdy	Ťažké ílovité a ílovito-hlinité pôdy	Stredne ťažké hlinité, až piesčito-hlinité pôdy	Ľahké piesčité pôdy
Lesnatosť	Do 15 %	16 -50 %	Nad 50 %
Vodohospodárska dôležitosť oblasti	Prameništné oblasti pre zdroje pitnej vody	Oblasti prameňov minerálnych a liečivých vôd	Ostatné oblasti
Využitie územia (širšie vzťahy)	Poľnohospodárska produkcia (orná pôda), priemyselné	Poľnohospodárska produkcia (orba + pasienky), doprava, urbanizované	Ostatné spôsoby využitia
Štruktúra porastu	Stanovišťu zodpovedajúca prírode blízka štruktúra so zakmenením 1 - 0,7	Mierne pozmenená štruktúra so zakmenením 0,7 - 0,3	Značne pozmenená štruktúra so zakmenením pod 0,3
	Druhy s vysokou produkciou antimikróbnych ekologicky aktívnych látok	Druhy so stredne vysokou produkciou antimikróbnych ekologicky aktívnych látok	Druhy s nízkouprodukciou antimikróbnych ekologicky aktívnych látok

Hydrické funkcia lesa - vodoochranná - vplyv na mútnosť tokov a zanášanie nádrží			
Kľúčové kritéria	**Možnosti využitia**		
	Veľmi dobré	**Dobré**	**Obmedzené**
Geomorfologická charakteristika reliéfu	Veľmi sklonitý a členitý reliéf s dlhými svahmi	Stredne sklonitý menej členitý reliéf s pomerne dlhými svahmi	Rovinatý málo členitý reliéf s krátkymi svahmi
Typ pôdy	Ľahko erodovateľné	Stredne erodovateľné	Ťažko erodovateľné
Lesnatosť	Do 30 %	31 -60 %	Nad 60 %
Využívanie územia	Prevažne poľnohospodársky - orné pôdy	Prevažne poľnohospodársky - ostatné pôdy	Ostatné plochy
Vzdialenosť od recipientu	V tesnej blízkosti a vzdialenosti do 50 m	Vzdialenosť 50-150m	Vzdialenosť nad 150 m
Štruktúra porastu	Stanovišťu zodpovedajúca prírode blízka štruktúra so zakmenením 1 - 0,7	Mierne pozmenená štruktúra so zakmenením 0,7 - 0,3	Značne pozmenená štruktúra so zakmenením pod 0,3
	Porast s dostatočnou šírkou na premenu povrchového odtoku na podpovrchový a na zachytenie splavenín aj pri extrémnych zrážkach	Porast s dostatočnou šírkou na premenu povrchového odtoku na podpovrchový a na zachytenie splavenín pri bežne sa vyskytujúcich zrážkach	Porast s nie dostatočnou šírkou na premenu povrchového odtoku na podpovrchový a na zachytenie splavenín

Tab. 6. Kľúčové kritériá základného rozhodovacieho systému možnosti a miery využitia niválnej funkčnej účinnosti lesných ekosystémov v krajine v rôznych ekologicko – funkčných a sociálno – ekonomických podmienkach:

Niválne funkcie – vplyv drevín na kvalitu, kvantitu a pohyb snehu			
Kľúčové kritéria	**Možnosti využitia**		
	Veľmi dobré	**Dobré**	**Obmedzené**
Nadmorská výška	1300 - 1500 m n. m	1100 - 1300 m n. m 1500 - 1600 m n. m	Pod 1100 a nad 1600 m n. m
Typ povrchu - drsnosť povrchu	Trávnatý porast, drobno úlomkovité sutinové svahy s ojedinelou kosodrevinou	Kosodrevina, zničený lesný porast s trávou a ojedinelými stromami	Nesúvislý les s kosodrevinov, balvanitá suť, krovitý porast
Sklon svahu	30 - 50°	20 - 30° a 50 - 60°	10 - 20° a 60 - 70°
Orientácia	135° (JV)-(J)-225° (JZ)	90° (V)-135° (JV) 225° (JZ) - 270° (Z)	270° (Z) - 0° (S) 0° (S) - 90° (V)
Klimaticko-meteorologické podmienky	Oblasť s bohatými snehovými zrážkami	Oblasť s nadpriemernými snehovými zrážkami	Oblasť s priemernými snehovými zrážkami
Štruktúra porastu	Stanovišťu zodpovedajúca prírode blízka štruktúra so zakmenením 1 - 0,7	Mierne pozmenená štruktúra so zakmenením 0,7 - 0,3	Značne pozmenená štruktúra so zakmenením pod 0,3
	Zdravé, ekologicky veľmi stabilné porasty	Málo poškodené, ekologicky stabilné porasty	Poškodené porasty s narušenou ekologickou stabilitou

Zahrádzanie bystrín

Činnosť zahrádzania strží a hradenia bystrín je chápaná ako komplex biologických a technických protipovodňových opatrení. Účelom zahrádzania bystrín je stavebnými, biotechnickými a biotickými opatreniami zlepšiť nepriaznivé odtokové pomery v povodí, zadržať pokiaľ možno čo najviac zrážkovej vody v povodí, zabrániť eróznym účinkom vody a zabezpečiť neškodné odvedenie prívalových vôd.

Kým v hornom úseku bystrín je tvarová úprava toku obmedzená a využíva sa najmä úprava sklonu, v strednom a dolnom úseku toku je možné vhodne využiť aj tvarovú a smerovú úpravu toku.

V podstate ide o odstránenie alebo zníženie škodlivosti bystrinných tokov, ktoré sa prejavuje najmä:

- vo vymieľaní dna a v podomieľaní brehov koryta bystriny,
- v ukladaní splavenín v dolnej časti bystriny, kde tieto spôsobujú škody znehodnocovaním úrodných pozemkov, spustošením sídlisk, osád ap.,
- v rozlievaní vody po okolitých priestranstvách.

Návrh úpravy bystrinného toku vychádza z účelu, pre ktorý sa úprava bude realizovať. Z viacerých účelov a cieľov spomenieme najdôležitejšie:

- protipovodňová ochrana zastavených území, objektov, komunikácií a pozemkov,
- protierózna ochrana lesného a pôdneho fondu,
- smerová a výšková stabilizácia vlastného toku,
- komplexná (stavebná, biotechnická a biotická) úprava odtokových pomerov v povodí.

Vegetačný kryt v krajine

Ako bolo už uvedené, odtokový proces v krajine ovplyvňuje v značnej miere aj vegetačný kryt. V krajine využívanej človekom sú jeho vplyvy spojené najmä s priestorovým usporiadaním druhov pozemkov, osevnými a pestovateľskými postupmi, zachovávaním a zriaďovaním účelových

prírodných (krajinných) prvkov, činnosťou v lesoch a spoločenstvách drevín v krajine, ktoré zodpovedajú obvyklým prírodným (klimatickým) podmienkam. Na zvládnutie extrémnych situácií sa funkčný účinok biologických opatrení spravidla dopĺňa technickými opatreniami, napríklad terasovaním, sanáciou výmoľov, strží, zosunov a hradením bystrín. Takto dlhodobo vytváraná štruktúra poľnohospodárskej krajiny z obdobia pred „spriemyselnením" poľnohospodárskej výroby alebo jej časti sa zachovala dodnes, najmä v podhorských a horských oblastiach. Pre úplnosť treba dodať, že účelové vymedzenie pozemkov bolo ovplyvnené snahou maximalizovať hospodárske využitie s garanciou dlhodobého vytvárania úžitkov. Využitie potenciálu jej funkčného účinku na prirodzené prírodné procesy však v období kolektivizácie utrpelo najmä zanedbaním starostlivosti o poľnohospodársky nevyužívané pozemky, resp. rozdelením zodpovednosti a finančných prostriedkov za komplex opatrení spojených konkrétnym prírodným procesom medzi viacerých správcov, často aj bez potrebnej kooperácie. Požiadavky riešiť potrebu opatrení na znižovanie prírodných hrozieb aj dnes nezriedka zasahujú do zachovaných ekosystémov nevhodnými technickými opatreniami. Napríklad narúšaním vegetačného krytu spevneného dna a brehov strží technickými opatreniami

Opatrenia v plánovacej a lesohospodárskej činnosti sú zhrnuté v tab. 7.

Tab. 7. Opatrenia v plánovacej a lesohospodárskej činnosti

Druh opatrenia	**Opatrenie**	**Účinok**
Plánovacie	Zvýšenie zastúpenia listnatých drevín najmä buka a javora horského	Zlepšenie štruktúry nadložného humusu, zvýšenie množstva infiltrovanej vody do pôdy
Plánovacie	Zavedenie výlučne maloplošných foriem obnovy lesných porastov	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku, zlepšenie vodnej bilancie
Hospodárske	Zmena ťažbových metód s preferenciou ekologických spôsobov približovania	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku
Hospodárske	Sanácia pôdy v ťažbovom poli	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku
Hospodárske	Sanácia lesných približovacích ciest	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku
Hospodárske	Odvodňovanie lesnej cestnej siete	Transformácia povrchového do podzemného odtoku

Význam existencie ale najmä nutnosť zabezpečenia starostlivosti za účelom využitia vplyvu ekosystémov na prírodné procesy nie sú dodnes docenené. O tom svedčí vyradenie krajinných prvkov z nárokov na podporu v pôdohospodárstve, resp. ich znovuzavedenie, ale bez podmienky prispôsobiť požiadavky starostlivosti o ne účelu, na ktorý boli pôvodne určené.

Štruktúra krajiny a ochrana prírody

Posudzovanie zachovanej historickej štruktúry krajiny meradlami ochrany prírody môže viesť k vyčleneniu časti prírody a krajiny do osobitne chránených území. To znamená zavedenie systému ochrany, ktorý je postavený na všeobecne platných zákazoch vyjadrených stupňom ochrany. Z týchto zákazov môžu byť povolená výnimka alebo vydaný súhlas s navrhovaným zámerom alebo činnosťou. Tak sa „individualizujú" požiadavky prípustného využívania lokalít v chránenom území. Môžu však nastať prípady, keď zvolený systém ochrany prírody a krajiny neumožňuje pokračovať v doterajšom

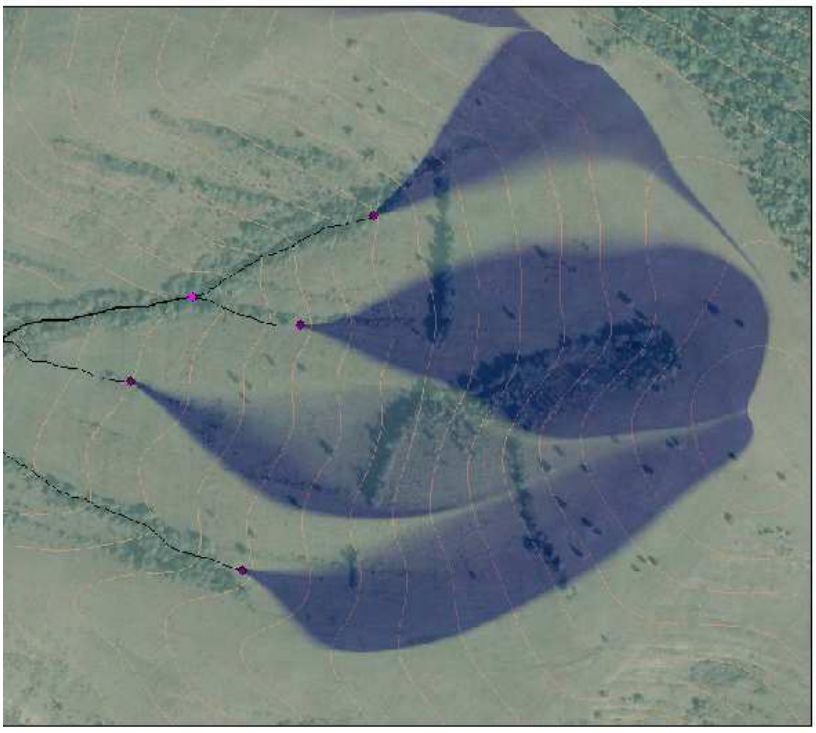
spôsobe a intenzite využívania územia a jeho prírodných zdrojov, alebo povolenie zásahov do priestorového a funkčného usporiadania zvýši riziko prírodných hrozieb, najmä ak historická štruktúru krajiny je odrazom vyváženosti využívania a miery prijateľného rizika (do prezentácie zjazdovka v povodí skalnatého potoka)

Zásah do historickej štruktúry krajiny, obmedzenie alebo zastavenie hospodárskych činností, nedostatočná starostlivosť o udržanie funkčného účinku biologických opatrení spravidla vedie k potreba obnoviť alebo nahradiť ich funkčný účinok inými opatreniami. Táto potreba sa znásobuje, ak sa v území so zvýšeným rizikom prírodných hrozieb zvyšuje hodnota ohrozeného majetku (napríklad povolenie výstavby v ohrozených územiach).

Ak ide o chránené územia, požiadavky na ochranu ekosystémov pred poškodením alebo zničením spravidla zvyšujú investičnú náročnosť opatrení.

V prípade chránených území s 5. stupňom ochrany majú osobitné postavenie nelesné ekosystémy, najmä lúčne biotopy v horských a podhorských oblastiach. Spravidla ide o poloprírodné a prírodné trávne porasty, ktoré vznikli činnosťou človeka. Okrem alpínskych lúk je ich priaznivý stav závislý od činnosti človeka. Pasenie a kosenie je v 5. stupni zakázané, resp. možné ak vlastník, alebo ním poverená osoba požiada o výnimku so zakázaných činností, alebo starostlivosť vykonáva štátna organizácia ochrany prírody. Nečinnosť na lúkach a pasienkoch ovplyvňuje aj účinok vegetačného krytu na povrchový odtok. Trávy sú schopné vytvárať súvislý zapojený koberec s protieróznym a vodoochranným účinkom, ale poľahnutá tráva neumožňuje zachytávať vodu zo zrážok, ktorá veľmi rýchlo odteká.

Ak je predmetom ochrany poloprírodný alebo prírodný trvalý trávny porast, vhodným manažmentom je aktívny manažment. Novela zákona o ochrane prírody ponúka vlastníkovi cez tzv. zmluvnú starostlivosť vykonávať činnosti, ktoré sú potrebné z hľadiska záujmov ochrany prírody a vhodné pre znižovanie rizika prírodných hrozieb. Ak nemá záujem tieto činnosti sám vykonávať, môže pozemky prenajať štátnej organizácii ochrany prírody. V oboch prípadoch sa v porovnaní s doterajším stavom uplatňujú povzbudzovacie ekonomické nástroje a znižuje administratívna záťaž.



Obr. 1 Rozptýlenie povrchového odtoku v historických štruktúrach krajiny

Zoznam literatúry

Čaboun, V., 2007: New solution and classification of forest functions and the resulting priorities. International symposium : Bottlenecks, Solutions, and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources, The 150th Anniversary of Forestry Education in Turkey, Istanbul17-19 October 2007, p. 253 – 261.
Čaboun, V., Tutka, J., Moravčík, M., a kol. 2010: Uplatňovanie funkcií lesa v krajine. NLC Zvolen, 285 str. ISBN 978-80-8093-120-9.
Kantor. P. (1984): Vodohospodářská funkce horských smrkových a bukových porostú. Lesníctví, 30, 6. s. 471 – 490.
Minďáš,J.-Moravčík,M.-Stanovský,M., 1998: Význam lesov a ich obhospodarovania z hľadiska protipovodňovej ochrany krajiny. *In:* O povodniach v roku 1998. Zborník referátov. Práce a štúdie SHMÚ, Bratislava, 1998: 66-71.

Possibilities of utilization of ecosystem functions for flood prevention and drought

Abstract

Different ecosystems have different influences for creation, process and influence floods, drought and others weather extremes. Without cognizance of regularity of this functions for particular forest ecosystems in concrete conditions is not possible their effective utilization for landscape management in flood prevention and drought. The important component in landscape with relatively wide possibilities of utilization their functions are forests and outside of forest growing tree communities. Therefore was created the classification system of tree functions and their communities in landscape, as well as the system of integrated utilization of this functions by human society. Besides need of creation of expert's decision system for optimalization of spatial organization and utilization of rural landscape with aim of minimalization of negative effect of climatic changes, it is important to keep and renovate the beneficial condition of ecosystems in term of performance and utilization their functions for flood prevention and drought.

4. References

[1] Adelwöhrer R. (2009). *Rückhaltebecken Labuchbach*. Wasserland Steiermark 1/2009, Umwelt-Bildungs-Zentrum (UBZ) Steiermark, pp. 26- 27. Graz

[2] Krainer, R. (2003). *Möglichkeiten und Grenzen des Hochwasserschutzes, Risikoabschätzung und –bewertung am Beispiel von Hochwasserrückhaltebecken*. Dissertation am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Graz, Graz.

[3] Pfeifer, M. (2007). *Wasserwirtschaftliche Bewertung von Rückhaltebecken in der Steiermark*. Diplomarbeit am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Graz, Graz.

[4] Amt der Steiermärkischen Landesregierung (1992), *Hochwasserrückhalteanlagen – Planung, Bau und Betrieb*, Steiermark Information 16, Graz

[5] Hornich, R. (2009), *Hochwasser und Hangrutschungen*, Wasserland Steiermark 2/2009, UBZ Steiermark, pp. 17- 22. Graz

[6] Amt der Steiermärkischen Landesregierung (1994), *Hochwasserrückhalteanlagen in der Steiermark – Band I*, überarbeitet Auflage, Wasserwirtschaft Land Steiermark, Graz

[7] Amt der Steiermärkischen Landesregierung. (1992), *Hochwasserrückhalteanlagen in der Steiermark – Band II*, Wasserwirtschaft Land Steiermark, Graz

[8] Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19B, http://www.gis.steiermark.at/

[9] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2009). *Handbuch – Betrieb und Überwachung von „kleinen Stauanlagen" mit länger dauernden Staubelastungen*, Fassung 12/2009, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichische Staubeckenkommission, Wien

[10] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2009). *Mindestanforderungen an den Stauanlagen-verantwortlichen von „Kleinen Stauanlagen"" mit länger dauernden Staubelastungen*, Fassung 12/2009, Bundesministerium für Land- und Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichische Staubeckenkommission, Wien

Problematika povodní z přívalových srážek a možné přístupy k zmírnění jejich negativních dopadů

The flash floods issue and possible approaches to decrease their negative impacts

Drbal, K., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Brno, karel_drbal@vuv.cz
Dumbrovský, M., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, dumbrovsky.m@fce.vutbr.cz

Abstrakt
Povodně z přívalových srážek jsou jevem, který v posledních letech má v ČR na svědomí ztráty lidských životů a také významné materiální škody. V roce 2009 byl navržen postup preventivní identifikace urbanizovaných území, která mohou být postiženy projevy tohoto typu povodňového nebezpečí. Tento postup, tzv. metoda kritických bodů (KB), byl vyvíjen také pro doplnění vymezení oblastí s významným povodňovým rizikem. Vzhledem k tomu, že byla zpracována data za celou Českou republiku, jedná se nyní o podklad užívaný k aktualizaci opatření organizačního charakteru a k přípravě prováděcích projektů i strukturálních opatření.
V příspěvku je popsán princip metody KB a výsledky první celorepublikové identifikace kritických bodů. Jedná se o opakovatelný postup určení rozhodujících ploch z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku s cílem stanovit pro zastavěná území obcí tzv. kritické body jako pomocnou metriku ohrožení soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin. Současně jsou představeny další možné interpretace výsledků a připravované predikce potenciálních důsledků povodní z přívalových srážek.

Abstract
Flash floods are a phenomenon, which has been responsible for losses of lifes and significant property damages in the Czech Republic in the past. A method of preventive identification of urban areas that may be affected by this type of flood hazard was designed in 2009. This method of critical points (CP) was also developed to complement the identification of areas with potential significant flood risk. Data were compiled for the entire Czech Republic, so now it is the base, which is used to update non-structural measures, for the preparation of detailed projects and structural measures.
The paper describes the basic principles of methods and its results of the first nationwide identification of critical points. It is a repeatable procedure for determination of areas, where a concentrated surface runoff can appear. The aim of the method is determination of so-called critical points for the built-up areas as an auxiliary metric of concentrated surface runoff and sediment transport threat. Another possible interpretation of the results is introduced and also planned prediction of potential flash floods impacts are given in this paper.

1. Úvod

Přívalové srážky jsou příčinným jevem druhého typu extrémního povodňového nebezpečí na území České republiky. Charakteristické jsou přívalové deště vysokými srážkovými úhrny za kratší doby trvání, tj. vysokou intenzitou a omezeným plošným rozsahem. Obecně platí, že potenciálně nebezpečné srážky jsou obvykle svázány s přechodem frontálních poruch nebo přílivem teplého vlhkého vzduchu, který podporuje vývoj konvektivní oblačnosti. Pravděpodobnost výskytu přívalových srážek zvyšují horská pásma, která vytvářejí návětrné efekty ve směru proudění vzduchu. Výsledné povodňové průtoky jsou vedle intenzity, trvání příčinného deště a velikosti zasažené plochy také závislé na fyzicko-geografických charakteristikách zasaženého území. Hlavní faktory zde představují velikost a tvar povodí, sklonitostní poměry terénu, propustnost půd a způsob využití území. Významný vliv má také nasycenost povodí předcházejícími srážkami, i když za podmínek, kdy intenzity extrémních srážek výrazně přesahují maximálně možné rychlosti vsaku do půdy, dochází

k nebezpečnému povrchovému odtoku a následným povodňovým projevům i v podmínkách nenasyceného půdního profilu. Lokální rozsah negativních důsledků povodní tohoto typu je zesilován nesprávnými způsoby užívání území. Po soustředění odtoku do říční sítě působí povodňová vlna svojí dynamickou silou, která je ještě umocněna neseným materiálem, působí značné škody na majetku a ohrožuje životy osob v postiženém území. Poměrně často situaci zhoršuje ucpání propustků či mostních profilů, příp. vytváření bariér.

Povodně z přívalových srážek, které poměrně často postihují území České republiky, vyvolávají v řadách odborníků mnoho otázek a protichůdných názorů ohledně dalšího postupu v otázkách řešení vodního hospodářství krajiny, zejména problematiky ochrany povodí proti nepříznivým účinkům soustředěného povrchového odtoku.

V současné době jsou uplatňovány dva přístupy k navrhování protipovodňových opatření:

- technický postup spočívá, obecně vyjádřeno, v budování ochranných opatření v údolní nivě vodních toků (jako jsou vodní nádrže, suché retenční nádrže, ohrázování vodních toků, zvýšení hrází, oddálení hrází od toku, rozšiřování a prohlubování koryt, přemístění objektů a zařízení mimo inundační území, aplikace mobilních prvků ochrany),
- přístup, (který autoři v příspěvku uvádějí) navazující na technická liniová a plošná opatření na vodním toku a dávající důraz na aplikaci systému komplexních opatření ochrany a organizace povodí a pozemkových úprav (jako je návrh technických, biotechnických, organizačních a agrotechnických opatření v ploše povodí) majících vedle protierozní a protipovodňové ochrany účinek ve zvýšení retenční schopnosti krajiny a zvýšení její ekologické stability.

Tyto na první pohled odlišné přístupy však nejsou v protikladu (jak je někdy nesprávně mediálně prezentováno), ale naopak se vzájemně velmi účinně doplňují.

Je zřejmé, že vedle opatření strukturálně technických, ostatních technických a organizačně legislativních, která jsou souhrnně označována jako preventivní opatření, je nezbytné vyvíjet a aplikovat také opatření operativní. Ta v souladu s ustanoveními podle § 65, zákona č. 254/2001 Sb. o vodách, po novele č. 150/2010 Sb. zahrnují přípravná opatření, opatření prováděná při nebezpečí povodně, za povodně a opatření prováděná po povodni. Podstatou účinné protipovodňové ochrany je tedy tvorba komplexních systémů ochrany před negativními účinky povodní.

2. Nebezpečí povodní z přívalových srážek

Nebezpečí přívalových povodní, které se vyskytují hlavně na malých tocích nebo i mimo říční síť, spočívá zejména v jejich rychlém nástupu. Silně ničivými účinky se projevují zvláště v horských oblastech, kde se vlivem velkého spádu zvyšuje rychlost odtékající vody, která nabývá velké kinetické energie a projevuje se silnou erozí půdy i toků. V důsledku tak vznikají výmoly ve dně a nebezpečné břehové nátrže. Pokud jsou výrazně podmáčeny přilehlé svahy, může docházet i k sesuvům, které jsou charakteristické především pro beskydskou oblast, geologicky tvořenou erozně málo odolným flyšovým podložím. Na takovém podloží dochází v kombinaci s enormními srážkami ke vzniku smykové plochy, na které se vodou nasycená nadložní zemina dává do pohybu a vznikají sesuvy.

Povodně z přívalových srážek postihly řadu lokalit v ČR v průběhu nedávných událostí, nicméně vyskytovaly se i v minulosti. Svědčí o tom četné záznamy i zprávy o vyhodnocení extrémních událostí, které jsou k dispozici od roku 1970. Nicméně s ohledem na lokální význam povodní z přívalových srážek a jejich obtížnou časoprostorovou předvídatelnost a někdy též vymezení zasaženého území, neexistuje zatím systematická evidence tohoto jevu. Je proto problematické hledat pro jednotlivé lokality objektivně prokazatelný trend v četnosti výskytu, i když se v poslední době povodně tohoto typu vyskytují na území ČR poměrně často. Některé z událostí znamenaly katastrofální důsledky ve formě materiálních škod a některé i ztráty lidských životů. V období 1970 až 2013 při přívalových povodních v ČR zahynulo 81 lidí, z toho však 34 osob při katastrofickém zaplavení dolu rozvodněnou Trkmankou na Kyjovsku v červnu 1970. Druhým nejtragičtějším v pořadí je rok 2009 s počtem 15 úmrtí, jedná o součet důsledků událostí z deseti obcí.

V některých případech povodňových situací regionálního charakteru, které jsou způsobeny déletrvajícími méně vydatnými srážkami, dochází k výraznému zhoršení průběhu povodně v zasaženém území právě vypadnutím lokálně omezené přívalové srážky. Příkladem je povodeň v povodí Jeřice (Frýdlantský výběžek, severní Čechy) v srpnu 2010, nebo průběh povodně na Polečnici na Českokrumlovsku při povodni v srpnu 2002. K podobné kombinaci příčinných jevů se závažnými důsledky došlo také za povodňové situace v červnu 2013 na řadě míst ČR.

Vedle extrémních přívalových srážek se jako významný příčinný faktor lokálních povodní uplatňuje vysoký podíl orné půdy, zejména na plošně rozsáhlých svažitých pozemcích a ve většině případů bez jakýchkoli protierozních opatření. Druhým významným nepříznivým faktorem, který velmi ovlivňuje charakteristiky přímého povrchového odtoku, je vysoký podíl půd s nízkou intenzitou vsaku, neboť pro vznik odtoku je dále základní charakteristikou rychlost infiltrace, která je vyjádřena plošným zastoupením a rozložením hydrologických skupin půd (HSP) v povodí. Existují případy lokalit, kde se přes nižší procento plošného zastoupení orné půdy a vyššího zastoupení travních porostů, výrazně nepříznivě projevuje zejména morfologie území daná vyšší sklonitostí pozemků v kombinaci s výše uvedeným faktorem výraznějšího plošného zastoupení půd s nízkou schopností infiltrace a to také u lesních pozemků i v horních částech povodí.
Ničivé účinky přívalových povodní se projevují především v povodích menších toků, jejichž koryta nejsou dostatečně kapacitní k převedení extrémních průtoků, takže dochází k vybřeení vody do okolního terénu, případně se přívalový průtok vytvoří koryto nové. V důsledku intenzivních srážek dochází k soustředění plošného povrchového odtoku do jindy suchých úžlabí a příkopů, tzv. drah soustředěného odtoku (DSO). Proudící voda, popř. s vysokým obsahem erodovaného materiálu a pláví, se tak objevuje v místech, kde nikdy předtím nebyla pozorována a vznikají značné nicméně obtížně předvídatelné škody. V extravilánu se jedná o devastaci nejníže položeného pruhu území, vznik tzv. efemerních rýh vodní erozí, dochází k poškození vegetace, komunikací atd. Mnohdy katastrofální i tragické jsou důsledky přívalových povodní v zastavěných územích a to zejména v takových lokalitách, kde jsou místní vodoteče často nevhodně upraveny, dokonce zatrubněny nebo tam, kde dochází k vytváření bariér z neseného materiálu a hrozí ucpání propustků a mostů. Nárůst rizika vzniku značných materiálních škod i ztrát na lidských životech zvyšuje tedy nejen nekoncepčním zatrubněním linií ve směru drah soustředěného odtoku na vstupu do intravilánu spolu s nedostatečně nadimenzovanými vtokovými objekty, které jsou navíc někde opatřeny nevhodně situovanými česlemi, ale také nedostatečná nebo žádná údržba úseků drobných toků v urbanizovaných územích.
Negativní dopady přívalových povodní zesiluje nevhodné obdělávání pozemků často v rozporu i s ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy. Nadměrný povrchový odtok a erozi půdy podporují především širokořádkové plodiny na svažitých pozemcích. V současnosti jsou doplňující nové metodické přístupy vhodného využívání zemědělské půdy založeny na aktuálních poznatcích. Z nich vyplývá např. následující kategorizace: do skupiny neohrožené až velmi slabě erodované lze zařadit pozemky s travními porosty a víceletými pícninami, v kategorii slabě erodovaných se jedná o plochy oseté obilovinami a řepkou na sklonech do 7 %, jako středně erodované se v řadě případů projevily plochy obilovin a řepky ve sklonech nad 7 % a mezi silně erodované lze zařadit pozemky s osevem kukuřice, kde byly volumetrickou kvantifikací naměřeny hodnoty odnosu přesahující 100 $t.ha^{-1}$ a dosahujících (např. za povodňové situace z června 2009 na Novojičínsku) až extrémních 506 $t.ha^{-1}$. Na těchto plochách byly zaznamenány silně erodované dráhy soustředěného odtoku, na kterých byly také kvantifikovány objemy erodované zeminy místy dosahující až extrémních 422 t, resp. při přepočtu dle objemové hmotnosti 264 m^3 (vztaženo na jednu DSO).

3. Nepříznivé důsledky povrchového odtoku mimo zdrojové plochy

Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a s ním spojené projevy vodní eroze se projevují nejen ohrožením zastavěného území obce, ale také ohrožením půdy a dalšího důležitého základního přírodního zdroje – vody, a to znečišťováním uvolněnými a transportovanými látkami. Půdní částice a na nich navázané chemické látky uvolněné povrchově stékající vodou jsou ukládány po poklesu jejího tangenciálního napětí a rychlosti částečně na úpatí svahů, ale zejména jsou produkty eroze – nejjemnější půdní částice transportovány vodou do hydrografické sítě, v níž tvoří převážnou část splavenin s negativními důsledky na kvalitu vody. Jeho hlavní příčinou je difúzní znečišťování nádrží, vodních toků a staveb na nich. Zmenšuje se potřebná kapacita toků a kanálů, zvyšuje se niveleta dna a může docházet k nežádoucí inundaci. Zanášením nádrží se snižuje jejich využitelný objem, potřebných nejen k transformaci povodňových vln.

3.1 Kritické body a jejich stanovení

Katastrofální povodně v povodích Luhy a Jičínky (pravostranné přítoky Odry) v roce 2009 a následně obdobné události v dalších letech názorně a tragickými důsledky ukázaly a potvrdily, že

k povodňovému ohrožení zastavěného území obcí může docházet také v místech, kde neprochází žádný vodní tok. V rámci výzkumných prací prováděných po povodňových událostech včetně podrobných terénních průzkumů (Drbal, 2009), (Dumbrovský, 2009) bylo ověřeno přes sto míst v povodích Luhy a Jičínky, kde povrchový odtok vnikal do intravilánu dotčených obcí. Jako problematické byly stanoveny závěrové profily sběrných ploch s výměrou už od 5 ha, kdy zejména transportované splaveniny způsobovaly dílčí škody na majetku. K výrazným škodám na majetku (výrazné poškození nemovitosti) však docházelo až v úsecích pod závěrovými profily s přispívající plochami vyššími než 0,3 km^2. U stanovených závěrových profilů v povodí Luhy a Jičínky, jakož i na řadě dalších profilů v minulosti dotčených povodněmi z přívalových srážek, byly vyhodnoceny všechny příčinné faktory rozhodující z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku a transportu splavenin, a na základě kriteriální analýzy byly stanoveny parametry tzv. kritických bodů (KB). Jednalo se o místa, kde linie drah soustředěného odtoku vnikají do zastavěné části obcí. Kritický bod je tedy určen průsečíkem určené hranice zastavěného území obce (intravilánu) s linií dráhy soustředného odtoku s velikostí přispívající plochy $\geq 0{,}3$ km^2. Z hlediska plošného rozsahu příčinného jevu přívalových srážek a primárně lokálních důsledků následných povodní se dále uvažují ty kritické body, jejichž přispívající plocha nepřesáhne velikost rozlohy 10 km^2.
Uvedené bylo reakcí na skutečnost, že přívalové povodně způsobené intenzivními lokálními srážkami se na našem území vyskytují v letním období poměrně často a příčinné srážky tohoto typu se mohou objevit prakticky kdekoli. Současně problematická časoprostorová lokalizace příčinného jevu přívalových povodní a vysoká míra nejistot pravděpodobnostního vyjádření (doby opakování) jejich výskytu pro určitou lokalitu byly důvodem vývoje metody tzv. kritických bodů (Drbal, Dumbrovský, 2009). Principiálně se jedná o opakovatelný postup identifikace rozhodujících ploch z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku s cílem stanovit v zastavěném území obcí tzv. kritické body jako pomocnou metriku ohrožení soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin z přívalových srážek. Pro každou přispívající plochu je vypočtena hodnota tzv. ukazatele kritických podmínek vzniku negativních projevů povodní z přívalových srážek. Potřeba hledání přiléhavého postupu vyplynula také z požadavků Směrnice 2007/60/ES. Ta ukládá členským státům EU prověřit ve fázi tzv. předběžného vymezení významných povodňových rizik všechny relevantní typy povodňového nebezpečí. Navržený postup byl ověřován právě v podmínkách a na datech pilotních povodí Luhy a Jičínky.

Stanovení rozvodnic a sběrných ploch kritických bodů
K identifikovaným KB byly v prostředí GIS na základě DMR s využitím hydrologických nástrojů GIS (nadstavba ArcHydro) generovány orografické rozvodnice a polygony sběrných ploch.

Stanovení fyzicko-geografických charakteristik sběrných ploch kritických bodů
Charakteristikami KB jsou jejich klíčové atributy. Zvoleny byly základní fyzicko-geografické charakteristiky sběrných ploch KB: velikost sběrné (přispívající) plochy, její průměrný sklon, druhy pozemků a procentické zastoupení orné půdy.
Faktorem s významným vlivem na možné dopady povodní z přívalových srážek je způsob využití území. K jeho určení lze s dostatečnou přesností použít databázi LPIS a databázi krajinného pokryvu CORINE land cover na základě které se pomocí zonální statistiky určí pro každou přispívající (sběrnou) plochu procentické zastoupení orné půdy.

Finální výběr kritických bodů
Z podrobných analýz vyplývá, že rozhodující pro identifikaci ve vztahu k přívalovým srážkám problematických lokalit jsou následující charakteristiky. K výběru kritických lokalit (kritických bodů) jsou doporučena kombinovaná kritéria:

K 1. velikost přispívající plochy	0,3–10,0 km^2,
K 2. průměrný sklon přispívající plochy	$\geq 3{,}5$ %,
K 3. podíl plochy orné půdy v povodí	≥ 40 %.

Kombinace fyzicko-geografických podmínek, způsobů využití území, regionálních rozdílů krajinného pokryvu a potenciálního výskytu srážek extrémních hodnot (ve vazbě na synoptické podmínky) pro

konkrétní přispívající plochy vyjadřuje stanovený ukazatel kritických podmínek vzniku negativních projevů povodní z přívalových srážek F:

$$F = P_{p,r} \cdot H_{m,r} \cdot (a_1 \cdot I_p + a_2 \cdot ORP + a_3 \cdot CNII) \quad (1)$$

kde F je ukazatel kritických podmínek [-],
a je vektor vah [1,48876; 3,09204; 0,467171],
Pp,r je relativní hodnota velikosti přispívající plochy (vzhledem k max. 10 km^2) [-],
Ip je hodnota průměrného sklonu přispívající plochy [%],
ORP je podíl plochy orné půdy [%],
CNII jsou hodnoty CNII pro území ČR,
Hm,r je relativní hodnota úhrnu jednodenních srážek s dobou opakování 100 let pro území ČR [-].
Poskytovatelem dat pro stanovení CNII a Hm,r ve formátu ESRI GRID pro území ČR je Český hydrometeorologický ústav.

Mezní hodnota ukazatele F tvoří čtvrtou podmínku kritéria (Drbal, 2009):

K 4. ukazatel kritických podmínek $\geq 1{,}85$.

Na základě šetření na modelových povodích, kde byly zjištěny škody i z ploch povodí se zastoupením orné půdy nižším než 40 %, případně ploch zcela zalesněných, byl výběr provedený podle podmínek kritérií K1 až K4 rozšířen o kritické body s velikostí přispívající plochy od 1 km^2 výše a současně s průměrným sklonem od 5 % výše:

K1A. velikost přispívající plochy 1,0–10,0 km^2,
K2A. průměrný sklon přispívající plochy ≥ 5 %.

Výsledný obecný postup slouží k zobrazení stupně povodňového nebezpečí z přívalových srážek a umožňuje tak semikvantitativní vyjádření míry ohrožení pro zastavěná území obcí.

3.2 Výsledky aplikace metody KB v rámci ČR

Z aplikace navrženého postupu (Drbal, 2009) na území celého státu vyplynulo, že pro 6 248 obcí v ČR bylo přes sledované fyzicko–geografické charakteristiky a nastavená kriteria celkem identifikováno 35 437 kritických bodů. Jako kritické body z hlediska vyšší (neznámé) pravděpodobnosti vzniku negativních důsledků povodní z přívalových srážek bylo pomocí kombinovaného kritéria vybráno celkem 9 261 bodů, tj. 26,1 %.

Celková rozloha přispívajících ploch vybraných kritických bodů s vazbou na zastavěná území obcí v ČR je 18 112,2 km2, což odpovídá 23 % rozlohy území státu (78 867,81 km2 – ZABAGED). Uvedené výsledky jsou orientační, neboť s ohledem na možné neurčitosti ve vstupních datech za celou ČR je třeba výstupy získané uvedeným postupem podrobit kontrole korektnosti zejména z hlediska vztahu ploch intravilánů obcí s drahami soustředěného odtoku.

Nicméně dotčené obce tak mají informace, v kterých místech mohou očekávat vniknutí soustředěného povrchového odtoku do intravilánu obce a které nemovitosti mohou být ohroženy v případě výskytu přívalových srážek.

Výsledky použité metody kritických bodů identifikují přispívající plochy, které jen do určité míry na sebe navazují. V některých oblastech je však jejich výskyt, zejména ve vazbě na míru urbanizace území, zřetelně zvýšen. Proto byla pro další použití provedena agregace založená na parametru, který udává poměr součtu ukazatelů kritických podmínek zvážených velikostí přispívajících ploch k ploše hydrologického celku.

Hydrologické celky vybrané pomocí uvedeného parametru, představují doporučenou priorizaci prosazování a uplatňování vhodných opatření ke zmírnění možných negativních dopadů povodní z přívalových srážek. Výběr hydrologických celků také představuje návrh oblastí, kde uplatnění opatření pouze na přispívajících plochách KB přispěje k výrazné úpravě odtokových poměrů a zmírnění erozních jevů a všech nepříznivých souvislostí nejen na produkční zemědělské plochy, nemovitý a movitý majetek v urbanizovaných územích, dopravní liniové stavby, ale také na vodohospodářskou infrastrukturu.

4. Erozní procesy v drahách soustředěného povrchového odtoku

Při vyhodnocování povodní v povodích Luhy a Jičínky (Dumbrovský, 2009) byly vedle klasických erozních rýh v ploše svahu identifikovány také hluboké rýhy v drahách soustředěného odtoku v literatuře označované termínem „ephemeral gullies“, které se liší od klasických erozních rýh velikostí průřezové plochy, která je větší než 1 čtvereční stopa (0,093 m2) (Vandaele, 1996). Objevují se v místech, kde v povodí dochází k soustřeďování povrchově odtékající vody. Může se jednat buď o přirozené údolnice, tzv. dráhy soustředěného povrchového odtoku nebo o místa podél jiných lineárních krajinných prvků, jako jsou hranice pozemků, rýhy vytvořené zemědělskou praxí či podél polních cest. Termín efemérní (pomíjející) vyjadřuje dočasnost těchto prvků, které jsou každoročně sanovány agrotechnikou na konci vegetačního období a dochází k jejich znovuobjevení na stejném místě v rámci dalšího vegetačního období (Laflen, 1985).

V průběhu sledování vzniku a dynamiky vývoje efemérních rýh v katastrálním území Šardice (jižní Morava) došlo vlivem soustředěného povrchového odtoku a proudění vody v místech heterogenity sklonu k vytvoření zprvu malých depresí. V těchto depresích dochází ke koncentraci odtoku a k jejich zvětšování. Toto zvětšování probíhá až do chvíle, kdy dojde ke spojení několika depresí a tím i k formování rýhy. Eroze se začíná tvořit na začátku deprese, kde vznikají téměř svislé stěny a projevuje se zde bystřinné proudění. V malé míře dochází k odnosu materiálu z plochy stěny erozní rýhy. Významnějším zdrojem splavenin je však dno deprese. Odnosem materiálu ze dna deprese dochází k prohlubování rýhy a „podemletí“ svislé stěny na začátku deprese, čímž dochází k oslabení její stability a finálně zborcení do prostoru deprese. Tím je svislé čelo propagováno dál proti proudu (Morgan, 2005).

V roce 2010 byla pro Ministerstvo zemědělství ČR provedena identifikace nestabilizovaných drah soustředěného odtoku z půdních bloků na území celé České republiky (Ekotoxa, Dumbrovský, 2011). Identifikace a zákres nestabilizovaných drah soustředěného odtoku byly provedeny na základě modelování akumulace odtoku vody ze sběrných (přispívajících) ploch potencionálních drah soustředěného odtoku, interpretace charakteru terénu a vizuální interpretace ortofotomapy na dotčených půdních blocích. Součástí dokumentace je databáze se stanovenou strukturou položek, které charakterizují lokalizaci a charakter jednotlivých identifikovaných a zakreslených drah soustředěného odtoku vody. Vymezení přispívajících ploch proběhlo na základě odtokové analýzy nad digitálním modelem terénu, automatizovaným vymezením přispívajících ploch a manuální korekcí s využitím rastrových topografických map, leteckých ortofotomap a směrů akumulace odtoku (Ekotoxa, Dumbrovský, 2011). Bylo identifikováno přes 33 000 drah soustředěného povrchového odtoku z pozemků o celkové délce téměř 12 000 km.

4.1 Volumetrická kvantifikace

V rámci výzkumu (Dumbrovský, 2011) došlo v letech 2009–2012 k přímému měření objemu efemérních rýh, a u vybraných rýh k hodnocení dynamiky jejich vývoje v průběhu výskytu přívalových srážek. Na začátku výzkumu došlo nejdříve ke zhodnocení a výběru nejvhodnější metody pro přímé měření efemérních erozních rýh. Podobně jako u volumetrické kvantifikace erozních rýh v ploše svahu byly zvažovány i jiné metody pro zaměření rýhy, které by umožňovaly spojité zaměření celé rýhy. Jako jedno z možných zařízení se nabízelo použití Lidaru pro pozemní nebo letecké snímkování. Obě metody však byly na základě předchozích terénních průzkumů vyhodnoceny jako nevhodné, a to především vzhledem ke stavu rýh na konci vegetačního období. V době měření je erodovaný povrch pokryt vegetací tak, že je z letadla prakticky nezaměřitelný.

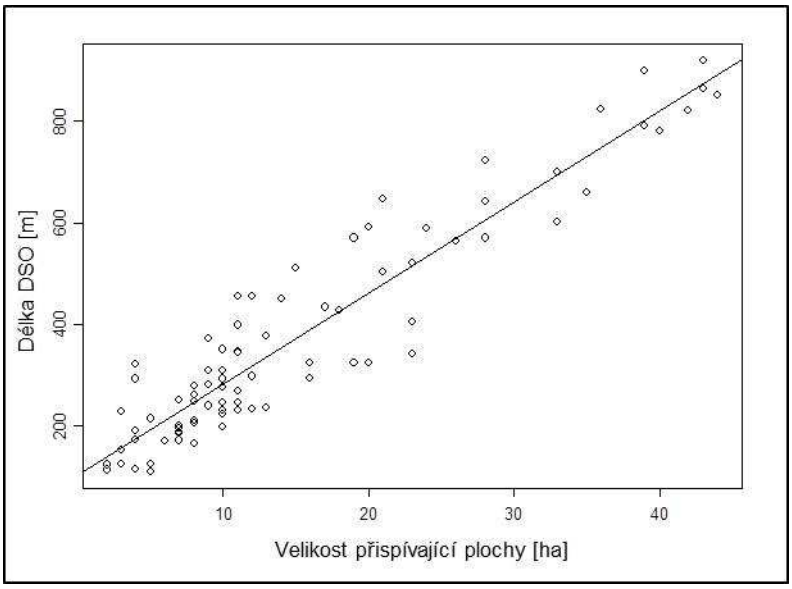
4.2 Predikce charakteristik drah soustředěného odtoku

V současné době neexistuje v ČR metoda pro identifikaci výskytu a predikci erozních odnosů z erozních rýh v drahách soustředěného povrchového odtoku (DSO). Přitom jejich kvantifikovaný podíl na celkovém objemu produktů eroze-splavenin činí 20 až 40 %, jak bylo zjištěno v podmínkách sprašových pokryvů jižní Moravy a Zlínska. V současné době je do bilance erozního smyvu započítáván pouze erozní smyv ze svahových ploch. Jeho hodnota je potom srovnávána s hodnotou tzv. přípustného smyvu, který pro podmínky ČR má stanovenou hodnotu 4 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Na tuto hodnotu jsou potom navrhovány systémy ochranných opatření pro eliminaci produkce splavenin, které řeší pouze protierozní ochranu erodovaných svahů. Započítáme-li však do bilance hodnotu erozních odnosů z drah soustředěného odtoku, bude nutno na to reagovat návrhem opatření stabilizujícím dráhy

soustředěného odtoku. Tato opatření u nás doposud nejsou navrhována ani realizována na rozdíl od řady států, kde jejich stabilizace představuje základní prvek systému ochranných opatření. Proto je snahou autorů v rámci výzkumné práce přispět k poznání této problematiky, definovat a verifikovat základní příčinné faktory a navrhnout metodický postup pro identifikaci a predikci objemu erozního smyvu.

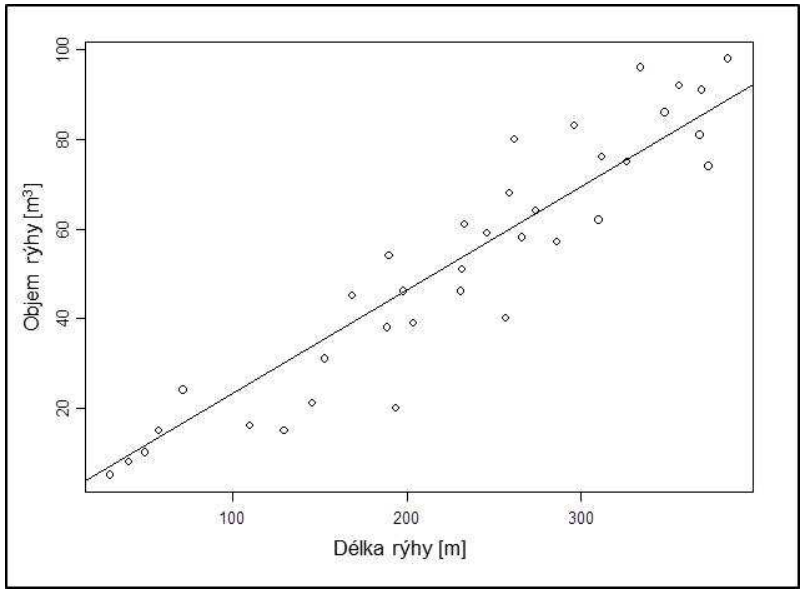
Na základě souboru DSO viditelných na ortofotomapách, byla u každé DSO stanovena její délka a s využitím digitálního modelu reliéfu (DMR) byla určena velikost její sběrné (přispívající) plochy. Dále byl vypočítán sklon DSO společně se sklonitostními poměry její sběrné plochy. Pedologická databáze Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd (VÚMOP) byla použita ke stanovení hydrických charakteristik a faktoru erodovatelnosti sběrných ploch. Údaje o srážkách byly poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem. Jednalo se o záznamy dostupných srážkoměrných stanic dodatečně korigovaných radarovými údaji. Tento datový soubor byl dále statisticky vyhodnocován. Významná je závislost délky efemérní erozní rýhy na velikosti její přispívající plochy a také závislost objemu rýhy na její délce.

K odhadu regresních parametrů u závislosti délky efemerní erozní rýhy na velikosti přispívající plochy byly pro analýzy použity jak klasický, tak i robustní regresní model, získané regresní odhady oběma metodami nevykazovaly rozdílnost, proto byly pro interpretaci použity výsledky klasické lineární regrese LS. U výpočtu lineárního regresního modelu metodou nejmenších čtverců (LS) byly pro analýzu použity klasické nástroje výběru vhodného regresního modelu: hodnota indexu determinace (EC) a testy významnosti – klasické dílčí t-testy parametrů regresního modelu a celkový F-test.



Obr. 1 Závislost délky DSO na velikosti přispívající plochy (EC=0,88)

K odhadu regresních parametrů u závislosti objemu erodované zeminy na délce efemerní erozní rýhy (obr. 2) byly vedle klasické lineární regrese (*LS*) aplikovány tři modely robustního odhadu parametru metodou *LTS* (Least Trimmed Squares Robust Regression, tj. odhady metodou nejmenších useknutých čtverců). Nejlepších výsledků dosahovaly modely přímek, které procházejí počátkem, tj. bez absolutního členu.



Obr. 11 Závislost objemu erozní rýhy na její délce (EC=0,98)

5. Integrovaná ochrana povodí proti nepříznivým účinkům povrchového odtoku

Systém integrované ochrany povodí je navrhován jako technologický proces, který propojuje poměry využití území, GIS aplikace na základě DMR a matematické modely výpočtu odtoku. Na analýzu numerických a grafických výsledků rozboru erozních a odtokových poměrů v řešeném povodí, navazuje digitální zpracování návrhu s využitím vhodných dostupných grafických software, umožňujících jak zpracování systému prvků dokladujících funkčnost navržených opatření, tak i optimální situační řešení včetně zobrazení celého komplexního řešení ochrany povodí v rámci digitálního modelu terénu. Digitální automatizovaný systém metod a postupů pro rozbor erozních a odtokových poměrů vyúsťuje v optimalizaci odtokových poměrů v rámci komplexní ochrany a organizace povodí.

Vyřešení vlastnických vztahů, optimální prostorové a funkční uspořádání pozemků v systému společných zařízení a následné vymezení potřebných ploch je základní podmínkou pro jejich realizaci. Bez důsledného vyřešení vlastnických práv je tato realizace v podstatě vyloučena.

5.1 Návrh opatření integrované ochrany povodí v rámci přispívajících ploch KB

Před návrhem opatření musí být podrobně analyzovány faktory ovlivňující erozní a odtokové poměry, na podkladě kterých jsou následně vytipovány v řešených povodích plochy a pozemky, které jsou zdrojem eroze a povrchového odtoku. Na základě této podrobné analýzy faktorů ovlivňujících odtok z povodí je následně v řešených povodích navržen celý systém komplexní ochrany a organizace povodí.

Tato opatření budou mít významnou funkci v redukci erozního smyvu a transportu splavenin, budou účinnými protipovodňovými opatřeními eliminujícími nepříznivé účinky povrchového odtoku při lokálních (přívalových) srážkách s vysokou intenzitou. Navržený systém řešení komplexní ochrany a organizace povodí je zcela v souladu se zásadami strategie ochrany před povodněmi pro území ČR (dokument č. 382, schválený vládou ČR 19. 4. 2000), která mj. uvádí

- preventivní opatření pro ochranu před povodněmi je nejefektivnější formou ochrany,
- efektivní preventivní opatření je nutné uplatňovat systémově v ucelených (hydrologických) povodích a s ohledem na provázání vlivů jednotlivých opatření podél vodních toků,
- pro efektivní ochranu před povodněmi je třeba nalézt vhodnou kombinaci opatření v krajině, která zvyšují přirozenou akumulaci a retenci vody v území a technických opatření k ovlivnění povodňových průtoků.

5.2 Návrh opatření integrované ochrany povodí na zemědělských půdách

V povodí (dílčím povodí či na pozemku) ohroženém nepříznivými účinky povrchového odtoku - zejména formou erozního smyvu, tj. takovém, kde vypočtený průměrný smyv půdy je vyšší než

přípustný limit, je nutno realizovat protierozní opatření (PEO). Při zpracování návrhu komplexních pozemkových úprav (KPÚ) musí být dána přednost PEO před požadavky na nejvhodnější tvar a velikost pozemku z hlediska obslužnosti mechanizací.
Návrh protierozních opatření v rámci KPÚ kompatibilních s dalšími systémy (hydrografická síť, cestní síť, územní systémy ekologické stability - ÚSES) musí výrazně svým charakterem určovat chování jakýchkoliv nových subjektů (vlastníků - soukromě hospodařících rolníků, jednoho nebo více velkoplošných uživatelů půdy svěřené jim vlastníky do pronájmu) tak, aby svou činností uchovávali vodohospodářsky vhodné podmínky z hlediska kvantity i kvality vodních zdrojů a napomáhali zlepšování vodohospodářských poměrů. Svou činností a způsoby hospodaření zahrnujícími organizační a agrotechnické prvky půdoochranných opatření budou doplňovat polyfunkční systém vymezený plánem společných zařízení v rámci KPÚ tak, že zabezpečí komplexní ochranu půdy a vodní komponenty.
Tato opatření, bere-li se v úvahu jejich efekt z dlouhodobého hlediska, nebudou sloužit jen ku prospěchu vodního hospodářství, ale i k prospěchu těch, kdo hospodaří na takto chráněných pozemcích (ochrana přirozené produkční schopnosti půd).
Infiltraci srážkové vody do půdy je možno zvýšit realizací protierozní ochrany. Vhodně vybudovaná protierozní opatření, např. průlehy, terasy apod. podstatně snižují objem povrchového odtoku, snižují rychlost po povrchu stékající vody a zvyšují infiltraci povrchové vody do svrchní vrstvy půdy. Jsou-li půdy zájmové plochy dostatečně propustné a mají-li dostatečnou kapacitu pro detenci i dynamickou zásobu vody, lze uvedenými protierozními opatřeními významně snížit objem povrchového odtoku na upravované (zájmové) ploše.
Řešení vodního systému při KPÚ musí ovlivnit především rychlost pohybu dynamické zásoby vody v povodí a velikost statické zásoby vody na povrchu povodí.

Zpomalení pohybu (odtoku) dynamické vody v povodí se dociluje:
- systémem protierozní ochrany půd, tj. zpomalením a snížením plošného povrchového odtoku, retenčním účinkem v systému hydrografické sítě a mikrosítě a snížením průtokové rychlosti vody v nich,
- návrhem systému malých vodních nádrží s maximálně velikým ochranným prostorem a systému suchých ochranných nádrží.

Možné způsoby konkrétního řešení jsou podrobně uvedeny zejména v celostátní metodice „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (Janeček, 2012).

5.3 Návrh opatření ke zvýšení retence vody v povodí při povodních na lesních půdách

Povrchový odtok na lesních půdách není zpravidla plošný, ale projevuje se jako odtok soustředěný do hydrografické mikrosítě, která zahrnuje drobné terénní prohlubně, rýhy po přibližování vytěženého dřeva, přibližovací linky až po cestní síť, která je obvykle významným transportním článkem velkých povodňových průtoků.
Příčinou tohoto jevu je zpravidla vysoká infiltrace srážkové vody do lesní hrabanky, která vodu nejen shromažďuje, ale též transportuje. Vsakovací schopnost na lesních půdách závisí na půdním typu. Minimálních hodnot dosahuje na degradovaných lesních půdních typech s malými hloubkami půdního profilu pod smrkovými monokulturami. Maximálním hodnotám se blíží na lesních půdách v dobrém strukturním stavu, s vysokou vzdušnou kapacitou a dostatečnou hloubkou půdního profilu (alespoň 1 m). Takové půdy se vyskytují v lesích s dřevinnou skladbou, která se blíží přírodě blízkému stavu.
Podstatná úloha lesa na snížení objemu odtékajících povodňových vod byla řadou šetření dokázána. Projevuje se zejména v počátcích katastrofální povodně a dokazuje tak, že složení vegetace, způsob hospodaření a s nimi svázaná retenční funkce lesních půd mohou podstatně ovlivnit množství povodňového odtoku.
Pokud jde o hrazení bystřin, pak není pochyb o tom, že koncepčně provedené úpravy v perimetrech povodí umožní provést i velké průtoky bez markantních škod.
Nejúčinnějším prostředkem pro snížení účinku povodní jsou opatření lesnicko-pěstební v jejich povodích a lesnicko-technická na bystřinách a strží ch.
Možnosti hospodářských opatření účinně ovlivnit hydrické vlivy ve smyslu vodohospodářských požadavků spočívají (Herynek, 2002) v ovlivňování záměrné tvorby horizontálních srážek,

v zadržování srážkové vody a ve zpomalování jejího odtoku, ve snižování (zvyšování) nežádoucích složek výparu úpravou struktury lesních porostů, zamezení narušení humusových vrstev.
Uvedeného lze dosáhnout následujícími hospodářskými opatřeními:

- úpravou struktury lesních porostů (druhová skladba, věková struktura a prostorová úprava), obmýtí, obnova a výchova porostů,
- volbou vhodných těžebních a dopravních technologií,
- optimalizací a všestrannou výstavbou lesní dopravní sítě,
- úpravou vodního a vzdušného režimu lesních půd a jejich protierozní ochranou,
- úpravou lesnatosti a rozmístěním lesa v povodí,
- retence lesní půdy závisí na fyziologické mocnosti půdního profilu (prokořenění) a formě i mocnosti humusu; tedy vlastnosti, které dělají lesní půdu lesní půdou s maximálním objemem makropórů,
- z hydrického hlediska je neporušenost půdního profilu a zachování vlastností lesní půdy preferovanou záležitostí.

6. Závěr

Povodně z přívalových srážek jsou jevem, který se v České republice projevuje velice tragickými důsledky. Společenská poptávka po hledání přiléhavých řešení je značná.
Jedním z příspěvků k řešení problematiky povodní z přívalových srážek je návrh postupů vizualizace stupně potenciálních dopadů tohoto typu povodňového nebezpečí, který umožňuje semikvantitativní vyjádření míry rizik pro urbanizovaná území. Základním principem navrženého postupu je identifikace tzv. kritických bodů (KB) a ploch rozhodujících z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku z přívalových srážek s nepříznivými účinky pro zastavěné části obcí. Jedná se o přístup, kterým byla vymezena kritická místa v rámci celé ČR.
S ohledem na charakteristiky přívalových povodní a na rozsah území která mohou být významně zasažena tímto typem povodní, je zřejmé, že ochrana před negativními dopady je není snadná a není ani reálné všechny kritické lokality chránit stejnou měrou. Nicméně účinnou ochranu může znamenat již zabezpečení ohrožených staveb a infrastruktury, když ne proti zaplavení, tak alespoň proti dynamickým účinkům proudící vody. Důležité je zdůraznit, že klíčovým úkolem ochrany je zabránit ohrožení životů a zdraví lidí, čehož lze dosáhnout již aktualizací povodňových plánů s přihlédnutím k informacím o lokalizaci KB.
Z uvedeného dále vyplývá, že zmírnění negativních dopadů přívalových povodní lze efektivně zajistit komplexními systémy ochrany, které reflektují problematiku vodního hospodářství krajiny a využívají zavedené technické standardy pro navrhování protierozních a protipovodňových stavebně-technických opatření. Koordinovanými přístupy lze zejména v oblasti srážkoodtokové fáze koloběhu vody v krajině docílit zvýšení vodní retenční schopnosti půd a zajistit tak snížení transportu splavenin, erozního smyvu a hodnot přímého odtoku. Optimalizace a cílené využívání povodí má svá omezení v podmínkách vlastnických vztahů. Nicméně ani komplexní ochrana území (povodí) před nepříznivými účinky povodní není nikdy absolutní. Strukturálními opatřeními však lze výrazně omezit erozní smyv a transport splavenin a částečně omezit povodňové kulminační průtoky, transformovat povodňovou vlnu, a tím příznivěji ovlivnit časový průběh povodní.
Lokalizace kritických bodů v rámci ČR již nyní slouží při tvorbě či aktualizaci povodňových a krizových plánů a při návrzích dalších opatření. Výstupy pořízené podle navrženého postupu znamenají užitečné informace také zpracovatelům územně plánovacích dokumentací, pozemkových úprav a plánů povodí.

Spolehlivost klapkových uzávěrů
Flap Gates Reliability

Brouček M., Králík M., Nowak P.
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29, Praha 6, CZ,
kralik@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou bezpečnosti a spolehlivosti jezových uzávěrů při povodních i při běžných provozních stavech. Nedílnou součástí pohybu vody v přírodě jsou vodní toky a objekty umístěné na nich. Bezpečnost celé soustavy při různých vodních stavech je dána koncepčním návrhem jednotlivých částí. Interakce konstrukce a proudící vody tvoří dynamickou soustavu, která může za určitých okolností být nestabilní a rozkmitat se. Ve vodohospodářské praxi se často setkáváme s případy nežádoucích vibrací jednotlivých stavebních a strojních částí na jezu a na přehradě. Tyto nežádoucí vibrace jsou nepříjemné z hlediska šíření zvukové vlny do okolí a nebezpečné z hlediska negativního ovlivnění okolních částí a vlivu na cyklickou únavu materiálu. Cíl výzkumu bylo popsat hydraulické, statické a dynamické chování klapky při různých zatěžovacích stavech s návazností na manipulace vodního díla ve více vodném i málo vodném období.

Abstract

Undesirable vibrations of either structural or technological parts of gated weirs are often observed during the service life of these hydraulic structures. Such vibrations cause inconvenience to the environment due to the induced excessive noise as well as shift the design point of view to fatigue capacity of the appropriate parts. Nowadays, flap gate present the most frequently designed type of gate for weirs in river engineering. Despite their many advantages, such as uniform load of the foundation structure, good regulation of water level, favorable hydraulic properties, when lowered, and most importantly good price to gated head ratio, they suffer from vibration issues. The paper presents results and comparison of in-situ measurements, laboratory experiments and numerical modeling.

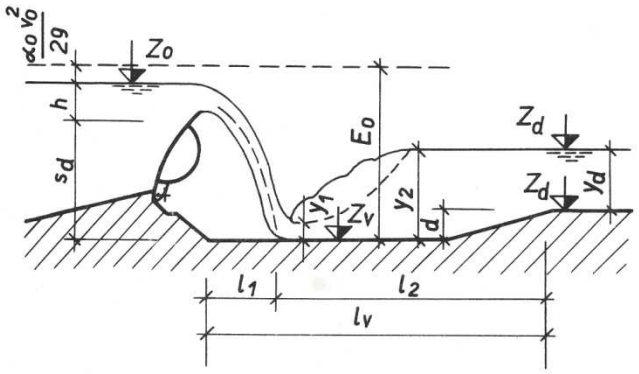
Klíčové slova: klapka, fyzikální modelování, měření vibrací.

Úvod

Tato práce se zabývá hydraulickou a dynamickou analýzou proudění vody přes poklopové uzávěry – klapky. Problematikou přepadu vody přes klapky a případným chvěním konstrukce uzávěru a spodní stavby je nutno se zabývat z provozních důvodů, z důvodu trvanlivosti konstrukce a v neposlední řadě z hlediska hygienických norem. Teoretická část výzkumu se zabývá přepadem přes hranu jezového uzávěru a výpočtem potřebné plochy zavzdušňovacího otvoru. Praktickou část výzkumu tvoří popsání postupu měření a vyhodnocení změřených fyzikálních veličin na vytvořeném fyzikálního modelu ve vodohospodářské laboratoři na Fakultě stavební na ČVUT v Praze a ve skutečnosti na konkrétních vodních dílech. Součástí výzkumu jsou výsledky měření sil, které působí na závěs klapky při ustáleném stavu a výsledky vyhodnocení zrychlení a deformací na klapku. Výsledky z matematického modelování jsou v podobě pevnostního výpočtu pro statické a dynamické namáhání a napětí v konstrukci. Tyto výsledky jsou ve výzkumu vzájemně propojeny a porovnány, aby došlo k co největší shodě s realitou.

Teoretická část – přepad vody přes přeliv

Přepad vzniká při proudění kapaliny přes překážku či konstrukci, která se nazývá přeliv. Nejvyšší bod přelivu tvoří přelivná hrana nebo koruna přelivu. Při proudění přes přeliv dochází ke změnám tlaku a rychlosti proudění. Důležitý je i rozdíl hladin horní a dolní vody.



Obr. 1: Schéma přepadu přes přeliv

Pro výpočet průtoku přes přeliv lze za předpokladu ustáleného proudění a dokonalého přepadu použít Bazinovu rovnici:

$$Q = m b_0 \sqrt{2g} h^{3/2}$$

Q ... průtok [$m^3.s^{-1}$],
m ... součinitel přepadu [-],
b_0 ... účinná šířka přelivu [m],
g ... gravitační zrychlení = 9,81 $m.s^{-2}$,
h ... přepadová výška přepadu [m].

Pokud voda proudí přes hradící uzávěr, strhává s sebou značné množství vzduchu z prostoru mezi přepadovým paprskem a hradící konstrukcí. Tím vzniká v celém prostoru podtlak a celou konstrukci přitíží. Proto je potřeba zajistit dostatečný přívod vzduchu pod přepadový paprsek. Mezi technické možnosti zavzdušnění nejčastěji patří rozrážeče na přelivné hraně a potrubí vedené v pilířích.

$$D = k \frac{h^{1,82} B^{0,5}}{0,55 p^{0,82}}$$

h ... přepadová výška přepadu [m],
B ... šířka přelivu [m],
p ... přípustný podtlak [m], 0,2 m až 0,5 m,

$$k = \frac{2c^{1,82}}{\sqrt{c'\pi}^4 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}}$$

c ... součinitel = 0,077,
ρ_2 ... měrná hmotnost vody [$kg.m^{-3}$],
ρ_1 ... měrná hmotnost vzduchu [$kg.m^{-3}$],

ξn ... součinitel ztrát při proudění vzduchu v potrubí.

Fyzikální modelování

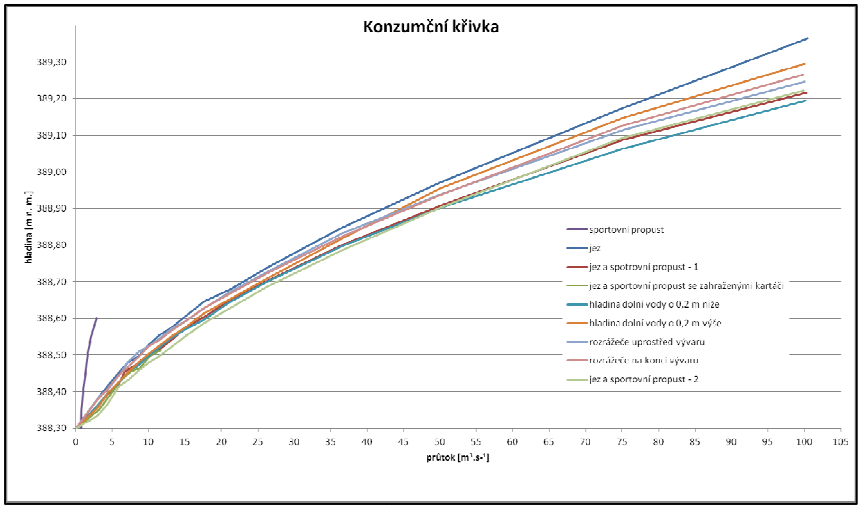
Fyzikální modelování odpovídá na řadu hydraulických, statických a dynamických otázek. Pro korektní výsledky získané z hydrotechnického výzkumu je zapotřebí postupovat na základě požadavků dané typem fyzikálního modelování – v tomto případě se jedná o Froudův zákon mechanické podobnosti. Při zobecnění výsledků výzkumu je nutné vytvoření několika podobných modelů, vzájemně se doplňujících a rozšiřujících tak, aby bylo možno měřením a vyhodnocením postihnout celou škálu možností geometrického uspořádání, hydraulických poměrů a statického působení.

V průběhu výzkumu na fyzikálních modelech je zkoumáno statické a dynamické působení vody na spodní stavbu, na klapku, statické a dynamické zatížení ovládacích prvků klapky a hydraulické poměry před a za klapkou. Mezi základní zkoumané veličiny patří tlak vody, síla v závěsu, zrychlení konstrukce při dynamickém namáhání, hladiny horní a dolní vody a to vše při náležejícím průtoku. Tyto veličiny jsou měřeny pomocí Thomsonova přelivu pro měření průtoku, tlakových sond, hrotových měřidel, akcelerometru a siloměru.

Hydraulický model VD Strakonice

Pohyblivý jez na Otavě ve Strakonicích tvoří pohyblivý jez o dvou polích světlosti 20 m hrazených ocelovými dutými klapkami výšky 1,3 m. Obě klapky jsou jednostranně ovládány cévovými tyčemi a pohybovacími mechanizmy, umístěnými v obou břehových pilířích. Ovládání klapek je ruční i strojní ze strojoven v jednotlivých pilířích. Podle manipulačního řádu je možno manipulovat po krocích sklápění klapky 100 mm s možností udržování hladiny nad jezem na kótě 388,50 m n. m. až do průtoku 110 $m^3.s^{-1}$. V případě jezu ve Strakonicích není nutné udržovat hladinu nad jezem na požadované úrovni, protože v oblasti vzdutí jezu není žádný objekt, který by takovouto manipulaci vyžadoval. Z tohoto důvodu se s klapkou manipuluje obvykle ve dvou polohách – plně vztyčená klapka a úplně sklopená klapka – tato manipulace je prováděna přibližně kolem průtoku 100 $m^3.s^{-1}$.

Předmětem zadaného hydraulického modelového výzkumu bylo ověřit funkci jezu, sportovní propusti s kartáčovým rybím přechodem (podle upraveného návrhu projektanta), vývaru a koryta toku pod vodním dílem pro průtoky do 50 $m^3.s^{-1}$.

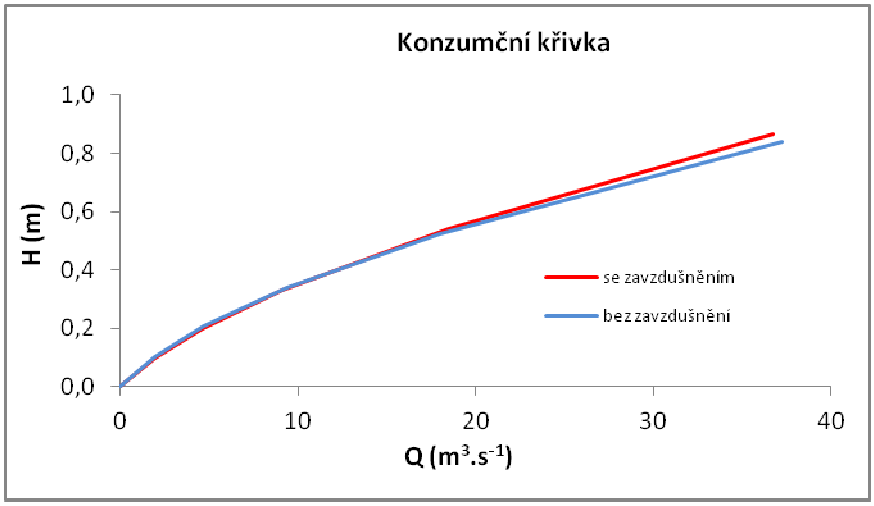


Obr. 2: Konzumční křivky jednotlivých variant výzkumu

Kapacita stávajícího jezu byla vyhodnocena při vztyčené klapce i při různých mezipolohách sklopení klapky. Vyhodnocení těchto konzumčních křivek přineslo porovnání a zhodnocení s vypočtenými konzumčními křivkami – odlišnosti v jejich průběhu jsou způsobeny rozražeči a jejich vlivem na proudové poměry přes sklápěnou klapku a projevují se zejména při vyšších průtocích.

Hydraulický model klapky

Na výsekovém modelu klapky bylo měřeno zrychlení ve třech směrech při různých polohách poklopení a při různých průtocích. Měření probíhalo v mnoha variantách polohy klapky a pro dva stavy tlaku pod klapkou – bez zavzdušnění byl pod klapkou podtlak, – se zavzdušněním byl pod klapkou atmosférický tlak. Vliv různých tlakových podmínek je zřejmý z konzumční křivky. Nárůst průtoku vlivem podtlaků je až o 5% při průtoku 35 $m^3.s^{-1}$.

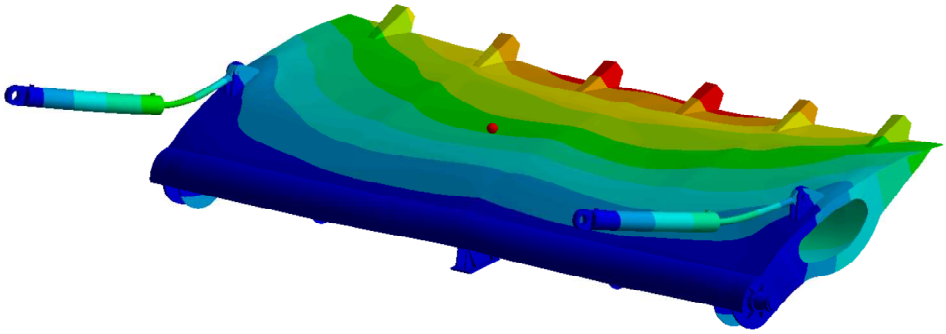


Obr. 3: Konzumční křivka vztyčené klapky

Matematické modelování

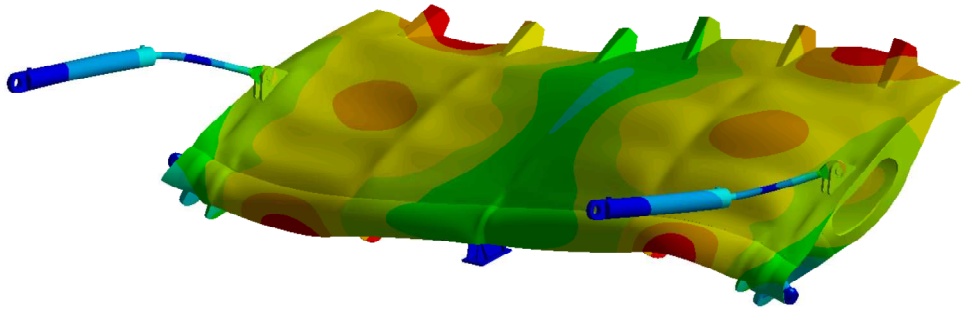
CFD je velmi vhodným prostředkem pro modelování proudění o volné hladině. Příklad přepadu vody přes jezový uzávěr potvrzuje přesnost modelování matematického modelu v porovnání s výsledky naměřenými na fyzikálním modelu v základních parametrech. Dynamická složka vodorovného zatížení může být nejčastěji zapříčiněna rozvlněním hladiny horní nebo i dolní vody. Kmitání přiléhajícího vodního skoku ke konstrukci může být rovněž příčinou dynamického zatížení. Při nezatopeném přepadu vody vzniká významnější neustálená složka svislého a vodorovného zatížení chvěním přepadajícího paprsku vody vlivem chvění konstrukce odpovídající vlastní frekvenci.

Z technicky reálných vlastních tvarů přichází do úvahy kmitání celé konstrukce ve směru po a proti vodě. Ve střední části jsou deformace nejvyšší a dochází i k mírnému průhybu hydromotorů.



Obr. 4: Vlastní tvar konstrukce při kmitání po a proti vodě

Dalším technicky možným vlastním tvarem konstrukce je prohýbání konstrukce do tvaru S. Na uvedeném modelovém příkladu bylo dosaženo vlastní frekvence okolo 32 Hz bez vlivu tlumení vody. Zatlumením vodou je velmi pravděpodobné, že tato frekvence klesne na pozorovanou hodnotu 16 Hz. Tomuto tvaru odpovídají i měření vibrací, které dosahuje maxima u předposledních krajních rozrážečů. Uprostřed v ose klapky prakticky nedochází k výchylkám a to rovněž odpovídá prakticky nulovým tlakovým pulzacím ve vodě ve středu jezového pole.



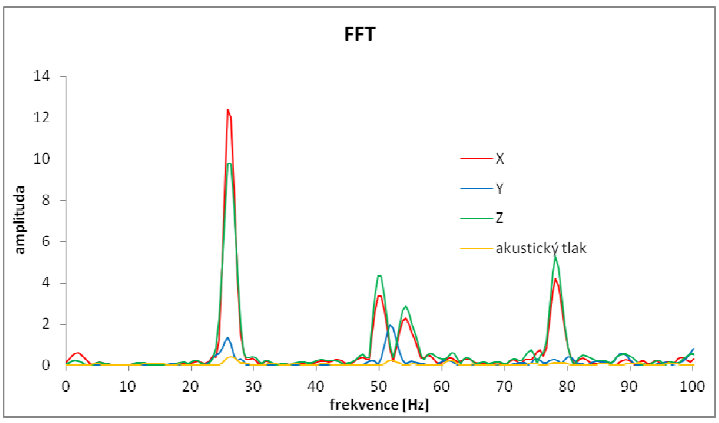
Obr. 5: Vlastní tvar konstrukce při prohýbání ve tvaru S

Měření v terénu

Úkolem bylo změření mechanických vibrací ocelové konstrukce jezové klapky na jezu, provedení analýzy naměřených dat a posouzení, zda vlastní konstrukce uzávěru je vibracemi namáhána. První místní šetření prokázaly, že stav vibrací klapky je reprodukovatelný a lze jej za dodržení výšky přepadového paprsku reprodukovat. Slyšitelné pulzace odpovídaly tomu, že se bude jednat o nízkofrekvenční jev, proto jsme navrhli snímání mechanických vibrací pomocí akcelerometrů MEMS s připojeným data loggerem.

Klapka – České Vrbné

Měření proběhlo na levém jezovém poli, které je již přibližně dva roky v provozu po výměně původního hydrostatického uzávěru. Měření vibrací na klapce bylo prováděno při malé přepadové výšce (ve srovnání s výškou klapky) s umístěním akcelerometru na rozrážeči na levé straně klapky. Při chvění konstrukcí dochází ke zvýšenému hluku, proto byl měřen akustický tlak v místě přepadajícího paprsku. Výsledkem výzkumu je FFT analýza zaznamenaných zrychlení a akustického tlaku na časové ose. Největších zrychlení je dosahováno kolmo na osu konstrukce, což odpovídá největším deformacím v tomto směru ± 45 μm. Dominantní frekvence kmitání konstrukce a akustického tlaku při těchto podmínkách je 26 Hz. Při této frekvenci kmitání konstrukce dochází k doprovodnému zvukovému jevu – nežádoucí zvýšené hlukové emise do okolí.



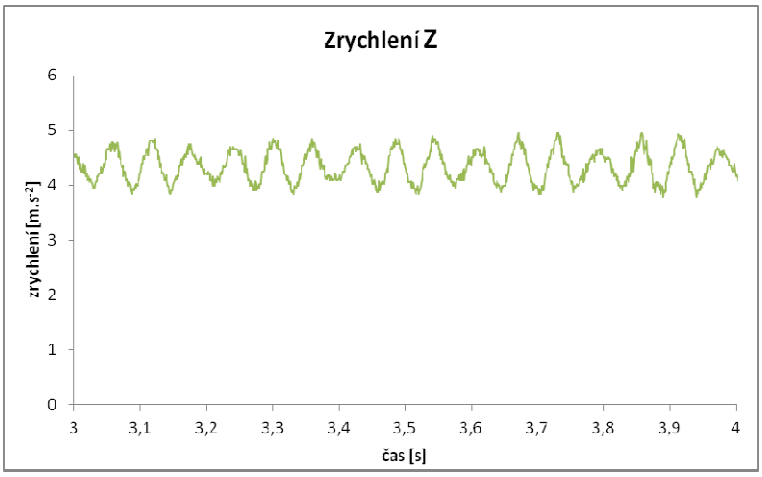
Obr. 6: FFT analýza zrychlení a akustického tlaku

Klapka – Doksany

Měření proběhlo na pravém jezovém poli, které je již přibližně rok v provozu po výměně původního válcového uzávěru. V úzké provozní oblasti vykazuje dutá ocelová klapka vibrace, které jsou slyšitelné v širším okolí a na přilehlých konstrukcích dochází ke znatelným vibracím. Tento nežádoucí stav se projevuje pouze za podmínky, že výška přepadového paprsku je přibližně 6-10 cm. Vibrace jsou patrné na volně přepadajícím paprsku, který se vlní.



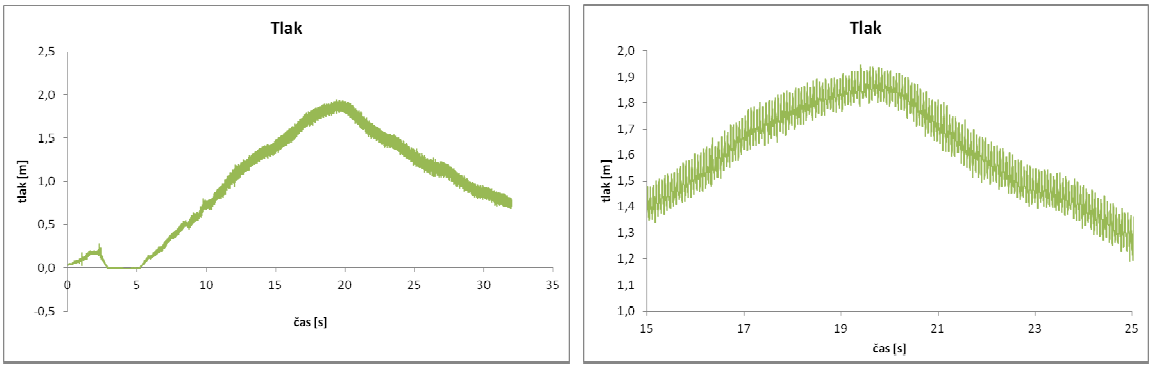
Obr. 7: Vlnění přepadajícího paprsku vody



Obr. 8: Zrychlení v kolmém směru na osu klapky

Největších zrychlení je dosahováno kolmo na osu konstrukce, což odpovídá největším deformacím v tomto směru ± 28 μm. Dominantní frekvence kmitání konstrukce a akustického tlaku při těchto podmínkách je 16,6 Hz.

Taktéž byly změřeny tlakové pulzace pomocí upraveného snímače relativního tlaku s integrovaným AD převodníkem a komunikační jednotkou s USB rozhraním. Snímač byl zabudován v plastové ochranné trubce a ponořen do vody. Naměřené hodnoty byly nezávisle zkontrolovány pomocí ponorného tlakového snímače. Sada měření prokazuje propagaci kmitů do vody a vytvoření měřitelných tlakových vln. Frekvenční analýzou signálu je dokázáno, že tlakové pulzy ve vodě jsou opět s hlavní frekvencí 16,6 Hz.



Obr. 9: Tlak a pulsace tlaku vody

Závěr

V textu jsou uvedeny příklady přístupů a postupů pro testování spolehlivosti a správné funkce jezového uzávěru – klapky. Vhodnou kombinací jednotlivých přístupů lze dosáhnout spolehlivých výsledků vědeckého bádání. Pro předpokládané výsledky výzkumu byl zvolen postup, který efektivně a hospodárně zajistí kvalitní výsledky.

Hydrotechnický výzkum vodního díla Strakonice obsahoval základní měření a vyhodnocení konzumční křivky jezového pole a sportovní propusti při různých variantách sklopení klapky a poloze horní a dolní vody. Výzkum podjezí – vývaru byl primárně zaměřen na bezpečné tlumení kinetické energie vody pomocí vodního skoku za přispění rozrážečů s variantním uspořádáním. Měření síly v ovládacím mechanismu klapky bylo vyhodnoceno jako spolehlivá metoda pro výpočet zatížení klapky při různém poklopení uzávěru. Nalezení zatížení klapky je ztíženo prostorovou geometrií hradícího plechu, nosného systému, pracovních otvorů, násosek, rozrážečů, průtokovou a hladinovou proměnlivostí z nadjezí i dolní vody. Měření probíhalo v laboratoři na hydraulickém modelu, některé vstupní a okrajové podmínky bylo potřeba změřit na skutečném vodním díle. V průběhu výzkumu byly zjištěny významné nesrovnalosti ve vstupních podkladech dolní okrajové podmínky, kterou bylo potřeba korektně určit pro kvalitní výsledky bádání všech úloh v rámci hydrotechnického výzkumu vodního díla Strakonice.

Výzkum modelového výseku klapky navazuje na hydrotechnický výzkum vodního díla Strakonice a rozšiřuje oblast bádání na modelu s větším měřítkem o síly, pulsace sil v pohybovacím mechanismu a o měření zrychlení v krátkých časových úsecích. Vyhodnocení měření zrychlení při mnoha variantách poklopení klapky a průtoku dává dobrou představu o dynamickém namáhání klapky jednotlivých manipulací. Vypočítané deformace (ze zrychlení) spojené s kmitáním klapky jsou vhodným ukazatelem spolehlivosti a trvanlivosti celého uzávěru. Přínos pro praxi je v možnosti výběru vhodné a nevhodné manipulace jezovým uzávěrem a tím i efektivní nástroj pro tvorbu manipulačního řádu.

Přínos matematického modelování je v možnosti zjistit fyzikální veličiny, které není možno jednoduše nebo spolehlivě zjistit konvenčními metodami zkoumání (např. napětí v konstrukci a místní deformace). Matematický výpočet vlastních tvarů a frekvencí konstrukce klapky je potřebný pro analýzu trvanlivosti a spolehlivosti konstrukce. Srovnání vlastní frekvence kmitání uzávěru s naměřenou frekvencí kmitání konstrukce od dynamického zatížení vodou poskytne důležité informace o časovém rozložení namáhání a o spolehlivosti vodního díla.

Vodní dílo České Vrbné bylo v roce 2011 modernizováno a již v prvních měsících užívání se objevily některé projekční nedostatky, které byly odstraněny v rámci zkušebního provozu. Klapky jsou velice náchylné na zavzdušnění prostoru pod klapkou při sklopeném uzávěru – negativní dopad je na statické a dynamické zatížení uzávěru. Na tomto vodním díle bylo dodatečnou stavební úpravou dobudováno zavzdušňovací potrubí, které přispělo ke správné hydraulické funkci celého jezu. Tyto detaily se často dají odhalit a vyřešit již při výzkumných činnostech na hydraulickém modelu, pokud je takový výzkum prováděn.

V průběhu rekonstrukce vodního díla Doksany se objevily nežádoucí, doprovodné, hlukové jevy při malých průtocích v toku a při malé přepadové výšce na jezovém uzávěru. Tento nepříjemný hluk vyprovokoval správce vodního díla k nápravě. Především bylo zapotřebí najít viníka hluku a následně jej odstranit. Hluk v okolí jezu je způsoben kmitáním konstrukce uzávěru na základě budící síly, která kmitá se stejnou frekvencí jako je vlastní frekvence konstrukce ponořená z části do vody. Odstranění nežádoucího hluku se docílí tím, že se rozladí konstrukce klapky přidáním výztuh nebo hmoty na konstrukci. Další velice zajímavou možností eliminace hluku je rozladění budicí síly – rozdělení přepadajícího paprsku vody na menší nestejně veliké části. V neposlední řadě lze vhodnou manipulací na jezu nežádoucí stav omezit na minimální časové období v průběhu provozu. Toto opatření lze jednoduše udělat, neboť vodní dílo Doksany je vybaveno dvěma poli, a tudíž je možno průtok převádět jedním nebo oběma poli v závislosti na velikosti průtoku. Zamezení převádění průtoku při dané hladině, kdy se objevují nežádoucí vibrace, je nejčastějším a nejjednodušším řešením používaným v praxi.

Poděkování
Tento článek vznikl za podpory grantu ministerstva vnitra VG20102014056 „Zvýšení spolehlivosti manipulačních uzávěrů“.

Literatura

[1] *KOLÁŘ Václav, PATOČKA Cyril, BÉM Jiří. Hydraulika, SNTL, 1983, 480 s*
[2] *GABRIEL a kol. Jezy, SNTL, 1989, 453 s*
[3] *ČIHÁK František, MEDŘICKÝ Vladimír, Navrhování jezů, ČVUT, 1991, 150 s*
[4] *Vibrations of hydraulic equipment for dams, ICOLD, 1996*

Reservoirs- problems or solutions

Angéla Horváth, Central-Transdanubian Water Directorate, Székesfehérvár, horvathangela@kdtvizig.hu
Gertrúd Marosi, Central-Transdanubian Water Directorate, Székesfehérvár, marosi@kdtvizig.hu

Abstract

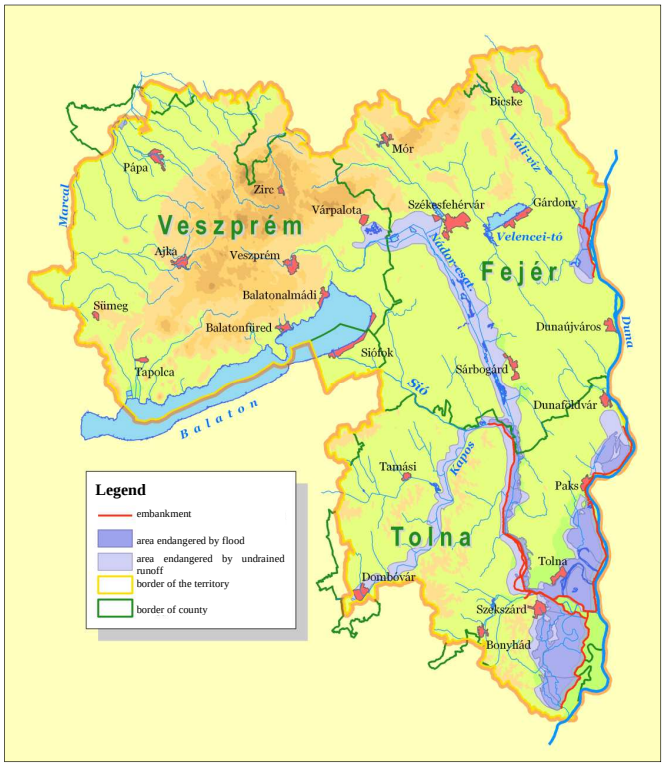
There more than 900 reservoirs and ponds in the territory of the Central-Transdanubian Water Directorate. The capacities of these reservoirs should be useful instrument for satisfying many demands in the catchment basins which is generated by the rapidly changing wet and dry weather periods caused by global climate change. We will introduce some case studies when the building and the operation of reservoirs were the solutions for different water related problems and some cases when they make the problems bigger. We will survey the effects of the reservoirs on reaching the goals of the European Water Frame Directive.

Key words

Reservoir, flood, dry period, maintenance, operation, Water Frame Directive

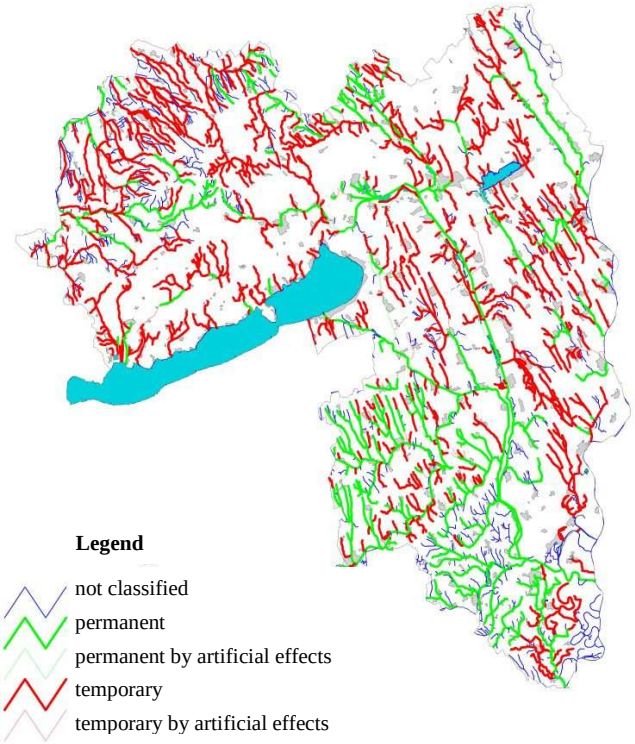
Characteristics of the Central-Transdanubian Water Directorate's territory

Among the twelve Hungarian water directorates Central-Transdanubian Water Directorate has the biggest and the most various territory. The CTWD was funded on 1st of October 1953 and it has been responsible for the water management of its territory for sixty years. The area of working is about 13.000 km^2 large, consists of the county of Fejér, Tolna, Veszprém. We manage the two biggest natural lakes of Hungary: Lake Balaton and Lake Velencei. We also operates 242 km long flood dike, 120 km long river, 923 km long water courses in the hilly part and 282 km flatland canals. There are 430 settlements in the three counties with 1,5 million inhabitants.



Maps about the CTWD's territory

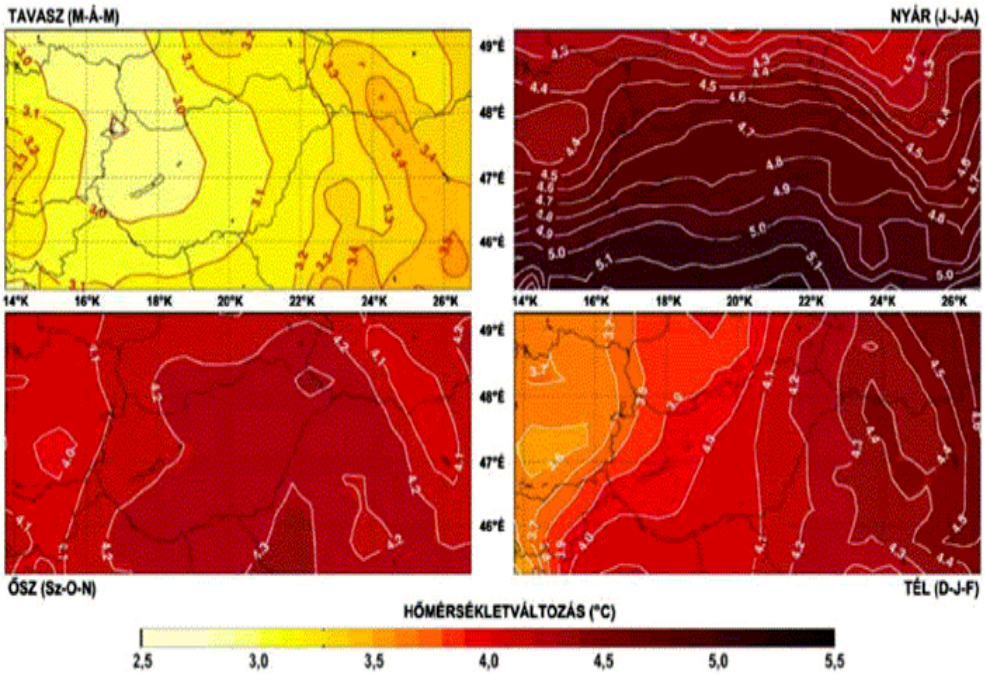
Though this is the biggest territory in Hungary, but its real curiosity is the types of the catchment basins. All of the basins situate within Hungary and almost the whole area of them is upstream style. In the upstream basins, water management is affected mostly by the distribution of the precipitation in time and space. These catchment basins are usually situated in the hilly parts of the area, where the heavy rains cause flash floods and we have no time to make any protection activities; and during the summer time the amount of precipitation is very low and the streams' bed are completely dry. As a result of this, in our territory the biggest part of the water courses is temporary which is presented by the next map.



Classification of streams according to their water regime

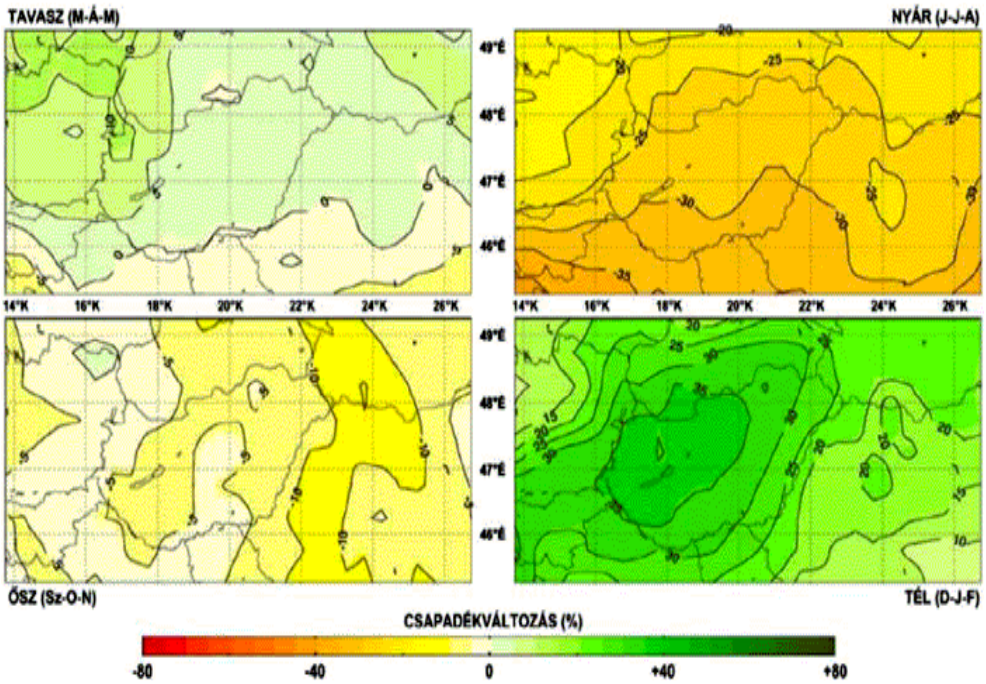
Because of the situations and the styles of the catchment basins water management is a very responsible activity in this area. We have to satisfy the water demands in the basins from the various precipitation amounts so as not to endanger and affect harmfully the downstream basins' water management activities.

According to clime change scenarios the floods and droughts will change very frequently, in time and place. Hungary accepted the National Strategy Against Climate Change in 2008 which was established by the results of the VAHAVA Project. The climate models forecast higher temperature raising then the average during the summer-fall period in the whole area of Carpatian Basin. At this time the amount of the evaporation will increase, the available surface water will decrease; therefore there will be some difficulties to satisfy of the water demands.



Changing of temperature in every seasons (°C) for the territory of Carpathian- basin according to the result of European regional climate models in the PRUDENCE project for the period of 2071-2100 [1]

The annual amount of the precipitation will not change significantly in Hungary, but there will be remarkable changing in the distribution of the precipitation in time. During the winter, the amount of precipitation will be higher and during the summer it will be lower.



Changing of precipitation in every seasons (°C) for the territory of Carpathian- basin according to the result of European regional climate models in the PRUDENCE project for the period of 2071-2100 [2]

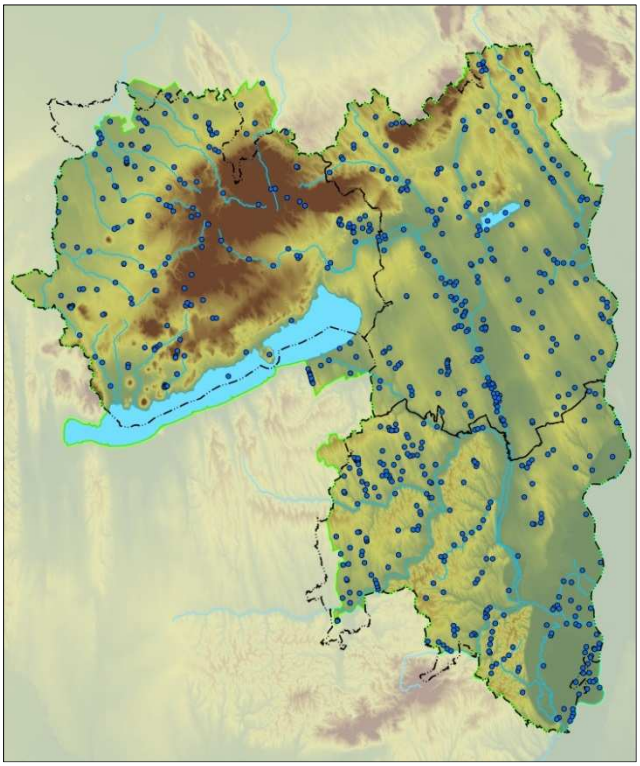
[1] National Strategy Against Climate Change 2008-2025 p. 17.
[2] National Strategy Against Climate Change 2008-2025 p. 17.

The frequency of thunderstorm will increase, the same amount of rain will happen with higher intensity. Because of the increasing number of thunders, there will be more flash floods on the streams so we have to give emphasised notice about it at the declaration of the flood risks. But the water of the thunderstorm must be stored for using it in the drier periods.

Storage of water in Central-Transdanubia

The most useful facilities for influencing the regime of water courses are the building of reservoirs which can decrease the harmful effects of the floods and provide the necessary water amount during the drier periods. There are huge traditions of the reservoirs' building in this territory which are used for so many purposes.

There more than 900 reservoirs which are now working in Central-Transdanubia. Most of them were built 50 years ago; some of them are older than 100 years. Next map is showing the operating reservoirs in our territory.



Reservoirs, fishing ponds and other water storing systems in Central-Transdanubia

The surface of the reservoirs is between 0,1–654 hectares and the capacity of them ranges between 200–7.975.000 m^3. The amount of stored water is more than 100 million m^3. Stored water amount should be used for many purposes, most typically for fisheries or fishing. Furthermore it can be utilized for decreasing flood peaks, for water replacement, for irrigation and other well-being purposes.

The cost of a new reservoir's construction is huge but it is designed for longer period, more decades as we mentioned before. During such a long time the demands in the catchment basins can change several times and most of them have to be satisfied for being cost effective. The next table shows the changing of the functions of the reservoirs which are managed by our directorate.

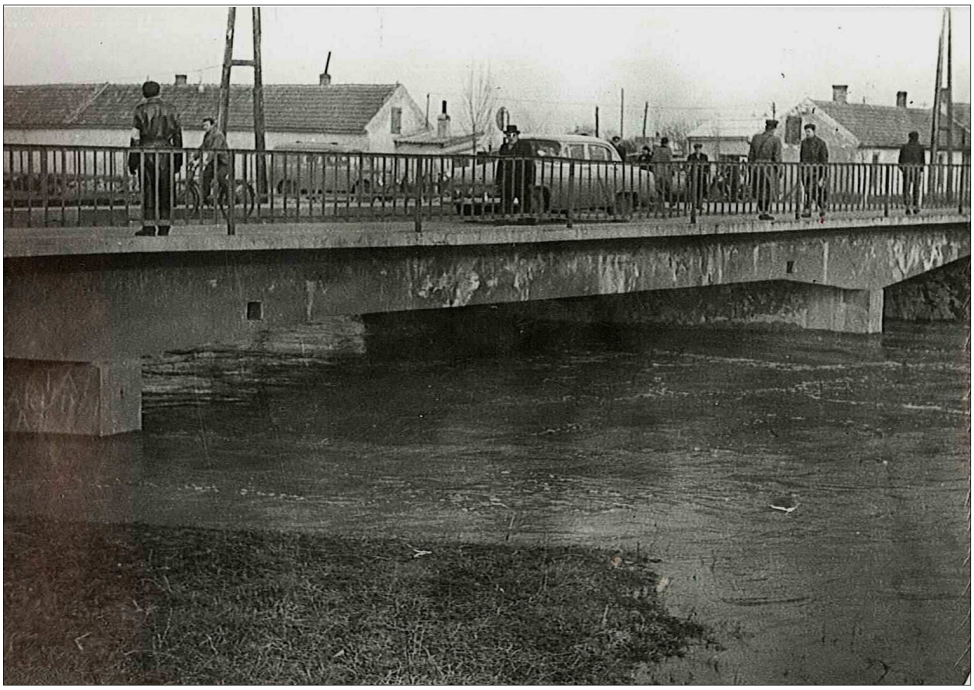
Name of reservoir	Date of opening	Main purpose at the opening	Main purpose nowadays	Other functions
Balatonhenyei	1963	irrigation	settling sedimentation	-
Fehérvárcsurgói	1972	protect the mine against the infiltration from the Gaja-stream	decreasing flood peak	water service for agriculture, fisheries, beach
Devecseri	1978	irrigation	decreasing flood peak	minimum acceptable flow for environment, fishing
Nagyteveli I.	1981	water service for industry in Pápa	decreasing flood peak	minimum acceptable flow for environment, fishing

Case studies

During the 60 years of the directorate, there were several rainy periods, and among them the 1963 and 2010 was the standard periods. Between the two years there were significant project of construction which are seriously affect the water governance.

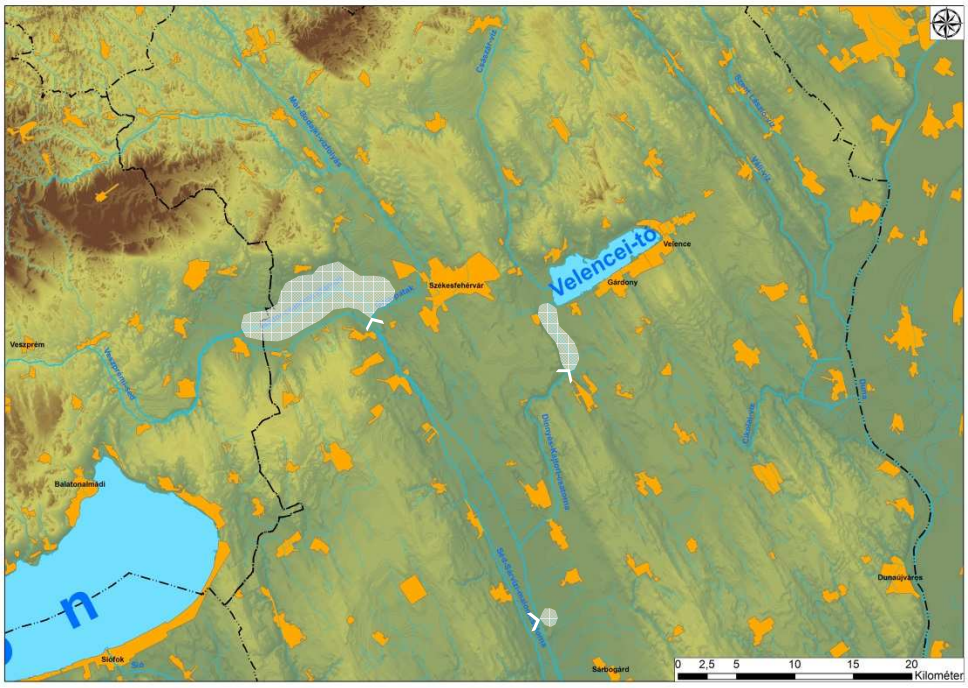
The Nádor canal's basin is one of the most remarkable basins in our territory. The canal was excavated 200 years ago from the marsh and since then it carries the water which is collected from 3 counties, form the area of 3449 km^2 large catchment basin. Although it is found in the flatland part of the basin but its tributary streams flow from the hills so the changeable climate circumstances reflect in its water regime. In 1963 there were no reservoirs on the Nádor's water system which are significantly decreases the water damages in 2010.

The winter time in 1962-63 was extremely cold, the thickness of the frozen soil was 20-80 cm, and in the hilly parts it was thicker. The water capacity of snow was 30% at the beginning of March. The temperature increased very fast with big amount of rain so water could not infiltrate into the soil because of the frozen layers and a very fast surface runoff happened. There were floods with 1% probability flowing down is some streams' bed.



Flood on Gaja-stream in 1963

The water level in Lake Velencei increased 70 cm during 3 days, which means 12 million m^3 water was carried by the water courses of the lake. The water level of the lake had to be decreased for protecting the railway and the recreation area around the lake, but the recipient Nádor canal was completely filled and its embankment' status became worst and worst. For protecting the fisheries in the valley of the Nádor canal and avoiding the additional damages around Lake Velencei, three temporary reservoirs were created by closing one section of three water courses. The next map shows the place of the closing and the area of the temporary reservoirs.



Temporary reservoirs on the Nádor canal catchment basin in 1963

By creating these storage areas, it was possible to release water from the lake continuously without any damages on the downstream section of the Nádor canal and the fisheries were saved with the 900.000 kg fish.

The temporary storage areas lied on mostly agricultural lands so the stored water had to be released as soon as it was possible, when the hydro meteorological situation became better. The process of the water releasing was defined very precisely and it was finished only in May.

During the spring and summer of 2010 more cyclones reached Hungary and caused a really high amount of precipitation. During 1,5 month the amount of the precipitation was higher about 50% than the average of annually precipitation amount. Because of the wet winter period, soils were almost completely filled with water, so only minimal amount of the rain could infiltrate to the soil.

That time we had to keep so much water amount in Fehérvárcsurgó reservoir which caused the highest water level in the reservoir. We had to store the flood coming from the upstream of the Gaja stream because in the downstream a failure of a fishing pond's dam happened. We closed completely the structure of the reservoir, but the flood wave which was flowing out of the damaged ponds was moving down on the downstream of the Gaja and caused serious damages in the surrounding land.

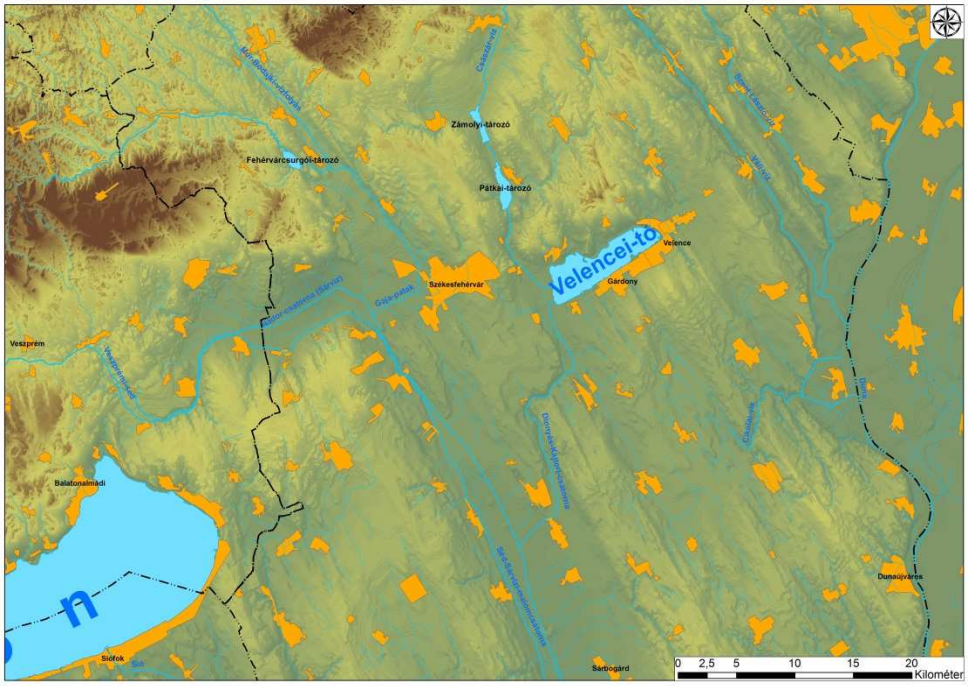


Flood on Gaja-stream in 2010

We surveyed water levels above the highest high water level. The rising of the water in the reservoir was very fast, it increased 315 cm during 6 days, and finally we stored 11,1 million m^3 water in the reservoir. In these six critical days we could decreased the discharge of the downstream bed by 10,7 m^3/s. That time the Gaja stream carried 29 m^3/s discharge close to Székesfehérvár which is the capital of Fejér county. This amount filled the stream bed absolutely.

We also kept huge amount of water in the Lake Velencei and in its two reservoirs. At the beginning of May 2010 one of the reservoirs, called Zámolyi was empty because its renovation work had just finished. Lake Velencei and Pátkai reservoirs were at operation water level. After the heavy rains of the cyclons the water level raised 14 cm in the lake, 104 cm in Pátkai reservoir and 500 cm in Zámolyi reservoir. We had to release small amounts of water from Zámoly reservoir because its dam got new coating in the previous year. We stored 4,9 million m^3 water in Zámoly reservoir after closing its structure and we released 1,4 million m^3 to Pátkai reservoir for the protection of its dam. The amount

of water in Pátkai reservoir increased by 2,86 million m^3. We released 6,8 million m^3 from Lake Velencei for the protection of the surrounding area and we could keep the water level at the operation level. The water amount which was stored in the catchment basin and was released from the lake was totally 14,56 million m^3.



Nádor canal catchment basin in 2010 with the three artificial lakes

With the three reservoirs we avoided to create temporary reservoirs for decreasing the loading of Nádor canal. The area which was flooded had the same size in 1963 and in 2010. But in 2010 the flood size was 100 million m^3, in 1963 it was only 80 million m^3. With the help of reservoirs we can handle this amount of water by using fewer sources than in 1963. We let only those amounts of water flow away which was harmful for the status of the dams and structures. Unfortunately the surface of these reservoirs is parallel to the main wind direction so the waves can become higher and can cause serious damages to the dams.

In the next two years the amount of the precipitation was less than the annual average. Because of this situation we had to release the stored water amount to refill the Lake Velencei in 2012. For October 2012 we emptied the Zámolyi reservoir completely.

In 2010 we did not only have positive experiments about reservoirs. Flash floods damaged several dams and structures; one place the dam of a fishing pond was failure. The problems were caused by the non-accurate maintenance, operating. We had to coordinate the decreasing of the water level in more reservoirs for preventing other damages in the basin.

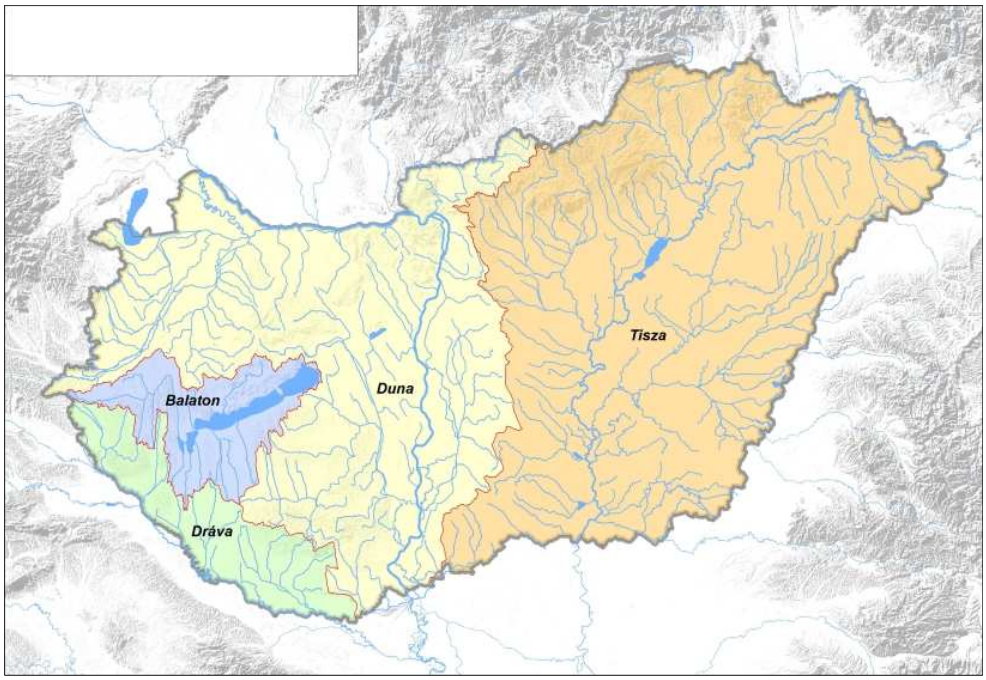
Water Frame Directive of the European Union

The water policy of the EU, the Water Frame Directive (WFD) came into effect in 22nd December 2000 in the member states of the EU. In Hungary we have had to realize the given tasks since we were joined to the union.

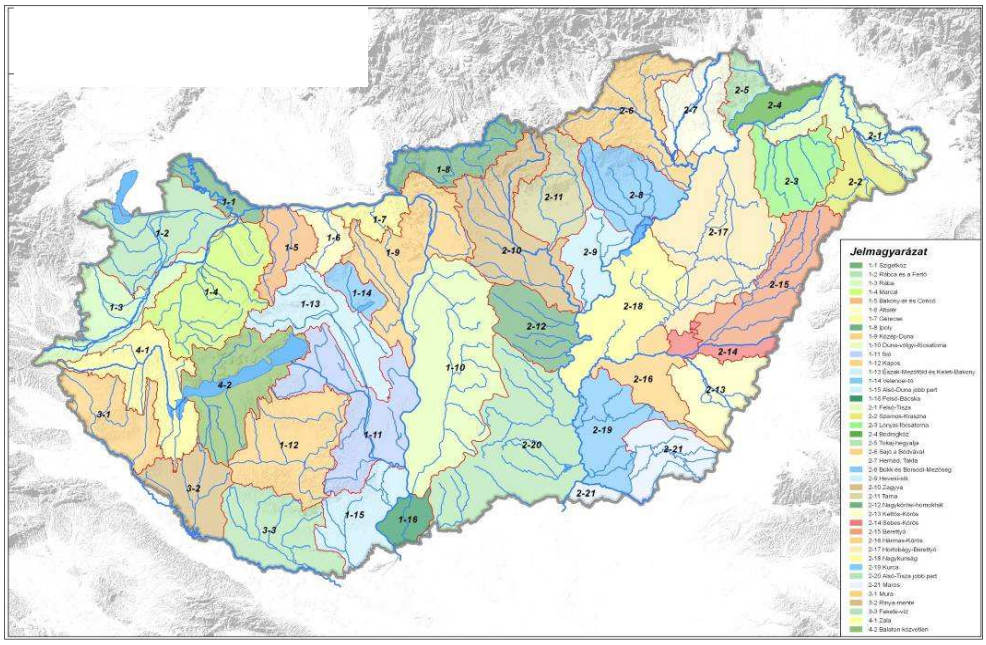
To achieve the good ecological, water quality and quantity status in the surface and subsurface water bodies is a very long process. The necessary actions which are suitable for reaching these goals are collected in the water basin management plans which were created through a continuous and opened planning where the stakeholders' demands were completely taken in amount.

The plan consists of the whole necessary information about the water bodies, the result of their condition surveys, the problems of the basins and the root causes of these problems. It also contains the available ecological goals we can set out. The essential technical and legal tools and the financial background for reaching the targets are also defined in it.

In Hungary there are four sub-basin plans besides the state's water management plan, and 42 planning subsection plans.



Sub-basins of Hungary



Planning subsections in Hungary

WFD means a complete changing of the basic expressions in the field of water management because it needs the coordination of several technical, legal, financial, institutional and organizational actions.

First of all the WMP summarize those regulations and programs which provide the achievement of environmental objectives, which are the good ecological, chemical and quantitative status.

We have to prepare ourselves to handle those water management circumstances which are originated from the extreme weather conditions. In the territorial water management that means not only the preservation of the water sources (storage) but the raising of the effectiveness of the flood protection systems by reaching and maintaining the good conditions of the water structures.

According to WFD a lake means standing inland surface water, so the Hungarian lakes belong to these water bodies. A standing water body is larger than 50 hectares and was not created by a dam. The heavily modified water body are a special category. Its hydrology and morphology was changed significantly by human activities so that the good status is not obtainable only the good ecological status. So the reservoirs which were created by dams and their streams are belongs to the heavily modified water bodies.

Usually the obstruction of the longitudinal permeability, the quality and quantity of the released water means the problem of a reservoir. The lack of macrofits in the coastal area or the bad contents of them is also a frequent problem. The huge part of the reservoirs is used for fishing and fisheries. Fishery means on the one hand surplus load and on the other hand a useful habitat from the point of view of the WFD. The bird colonies of fishing ponds are very important in nature conservation. The storage of the spring floods is useful from hydrology point of view but in a drier period, the artificial lake needs the stored water for their usage so it can not be used for satisfying other demands. In that case it does not means usable water resource for the environment but needs more water for recovering the loss caused by the evaporation. The non-suitable fishery practise should cause hydro-morphological and ecological problems in the surface waters. It is important to coordinate the aspects of the fishery, the water quality protection and ecology during the planning and implementing of the actions. The methods and the operational conditions of the good fishery practise has to be developed

The active reservoirs operational methods are not suitable and that should cause big problems for their environment. We have to face so many times that the ponds are strongly filled with sludge therefore they don’t have the necessary storage capacity. For providing the useful depth for the utilization the structures and spillways are completely closed and the higher water level endangered the safety of the dam seriously. The maintenance of the reservoirs is very important, and the sedimentation has the primary importance in handling. The practice of the bed’s maintenance has to be surveyed and a new practise must be developed by underlining the ecological regards.

The system of water protection lands needs expansion and supplements for preventing the water bodies’ conditions by the review of the nitrate and erosion sensitive lands. Methods and financial background has to be defined for the changing of the utilization of lands and for the cultivation methods.

In case of dams water releasing methods need to be reviewed from the point of the downstream section’s ecological demands. During the planning of a reservoir the establishment and preparation of ownership, technical, operational and usage conditions have to be done considering the fact that the water supply of downstream water courses has to be continuous.

Actions have to be developed for decreasing the reasons of the introduced remarkable water management problems. We have to find sustainable solutions along ecological aspects for providing water recourses for the society’s water needs. Reservoirs in the upstream section of catchment basins which are used for water sources, tourism, fishing and fisheries or other recreation activities are the basic tools of the economic and social development of the area. Therefore the suggested actions which are essentials for reaching the environmental goals are highly supported by the stakeholders.

In case of the areas affected by erosion, adequate agriculture and environmental conditions are the requirements of the agriculture direct payments. One main element of these rules is the crop rotation

and adequate agrarian technology of the areas above 12% slope degree. The erosion sensitive areas and the compliant good practice implementation require the same legislation as the nitrate sensitive areas.

The comprehensive actions' importance is outstanding both in the preparation of the execution and in case of the next verification in 2015. It is not possible to execute the catchment basin management plan without the comprehensive actions. With these actions the policy, the local governments, the related branches and the population will be suitable to understand and adopt the new requirement of WFD.

The comprehensive actions include legislation and other executive tasks, development of the excise methods, enhancement of the magisterial and excise work, improvement the monitoring network and the IT systems, recovering the water service expenses, application of the financial incentives (supports) and the research, development, skills development and shaping of approach as well.

The objectives of the catchment basin management plan and the measures of the execution will impact widely the economy and society, on the one part from the financing point of view, and on other hand from enjoying the results point of view. The majority of the defined actions require state and EU community financing.

Summary

Reservoirs in our territory will be in high significance from aspects of water management and flood control activities because of the type of the catchment basins. So the question that these facilities mean solutions for some situations or make them worst is extremely important for the directorate.

According to the case studies it can be seen that during rainy periods we can get serious time account in the hilly areas. The bigger amount of precipitation can be released following a schedule and decreasing the size of the damages and using fewer sources for the protection activities. Another advantage of the permanent reservoirs is that the releasing of the stored water is not an urgent action because in this area we can store the water in regulated circumstances for longer time by not endangering the agriculture or the industry. But before a new reservoir is going to be built it's important to survey if there is an active one which could satisfy the new demand on the basin.

There are two important facts about active reservoirs: the consequence of the maintenance works and the suitable and careful operational works. These two facts are seriously considering the effect of the reservoirs to their surroundings from the aspects of water quality and quantity. There are streams where more reservoirs can be found therefore the coordination of these works is essential.

The actions of the water basin management plans are very important for that the active and new reservoirs should be rather solutions for water management problems. If the regulations of the WFD will be realised in the very close future the sustainable water management will be workable also in extreme weather conditions.

Bibliography

- Bratán M. – Csongrády K. – dr. Zsuffa I: Hydrology of floods and undrained runoff in Trans-Danubia, Hydraulic Engineering, Budapest 1963
- Reports about flood events in the Trans-Danubia, Trans-Danubian Water Directorate Székesfehérvár 1963, 2010
- National Strategy Against Climate Change 2008-2025
- Water basin management plan for the Hungarian sub-basin of the Danube, Central Directorate for Water and Environment, Budapest 2010

Effects of Flood Events on Water Quality Obtained From River Bank

Mielcarek, M. , Nowak, B.

maciej.mielcarek@imgw.pl; bogumil.nowak@imgw.pl

Abstract

Impact of flood on water quality obtained from river bank filtration depend from how big was the flood when it appear and how long it continued. This three components have major purport on the water quality during flood. The article present the results of selected episodes of flooding in long term observations of water quality drawn from wells and are baised on water samples colected by Mosina-Krajkow Waterworks since 1995 to 2009. Investigation of riverbank filtrated water quality drawn from the wells situated at the three different distances to Warta river. The big influence on Water quality abstracted from drainage, horizontal well (with drains placed 5 m below the river bottom) and vertical wells situated 70-80 m from the river. This influence is visible in contamination of water with bacteria as well as nitrates, chloride, iron, manganese. In the wells situated with far away distance from the river (250 - 1 100 m) in short period of time influences of flood on the water quality is not visible but in long period of time can change it dramatically. For the case of an increased occurrence of extreme events such as floods periods, application strategies for safeguarding the drinking water supply are presented.

Literatura:

Drbal, K. a kol. (2009): Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, DÚ: Metodika mapování povodňového rizika. VÚV TGM, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 85 s.

Drbal, K., Dumbrovský, M. a kol. (2009): Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR, 7 s.

Dumbrovský, M. a kol. (2009): Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, DÚ: Vyhodnocení dopadů povodní na krajinu a životní prostředí, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 45 s.

Dumbrovský, M. a kol. (2011): Systém přírodě blízkých protierozních a protipovodňových opatření a jeho optimalizace v procesu pozemkových úprav. Projekt NAZV ev. č. QH 92298

*Ekotoxa, Dumbrovský, M. (2011)**:** Vymezení přispívajících ploch nad závěrovými profily erozně ohrožených drah odtoku na orné půdě pro potřeby Rámcové směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES..*

Herynek, J. (2002): Projevy eroze na lesních půdách a možnosti její prevence, Sborník konference Lesy a povodně

Janeček, M. a kol. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. ČZU Praha, 195 s.

*Laflen J. M., et al. (1985**):** Effect of tillage systems on concentrated flow erosion. Soil Conservation and Productivity. 3-8 p.*

Morgan, R.P.C. (2005): Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 304 p. ISBN 1-4051-1781-8.

Vandaele, K., et al. (1996): Geomorphic threshold condition for ephemeral gully inicision. Geomorphology. Sv. 16, p. 161-173

EROSION AREA TOOL AS SUPPORT OF RIVER BASIN MANAGEMENT PLANS

Mileta Milojević , Milutin Stefanović, Zoran Gavrilović

Institute for Development of Water Resources "Jaroslav Černi", Department for the Torrent and Erosion Control, Jaroslava Černog st. 80, 11226 Belgrade,
e-mail: **mmvodomar@yandex.com**

Abstract

The total area of land in Serbia is covered by different erosion processes. Certain areas are more susceptible to erosion processes than others. Human activities such as land-use patterns have the greatest negative impact on the environment, including soil erosion, than any other natural element. Methodologies, tools and procedures for identifying and proclamation of erosion areas are being developed in Serbia, Institute for Water Resources "Jaroslav Cerni" for many years and have the support of the Water Law of the Republic of Serbia. Identifying and declaring erosion areas, for which the prescribed measures of erosion control management at local and national level, we get a powerful tool, which provides a key contribution to a river basins management.

Key words

Soil erosion, erosion mapping, models of erosion calculations, erosion zone

INTRODUCTION

The top layer of soil from its foundation was exposed to atmospheric phenomena such as wind, rain, temperature changes, then the action of the hydrosphere in the form of waves and rivers. The set of all these aggressive by nature phenomenon termed "erosion"

Soil erosion is the most insidious enemy of man, as quietly destroyed and degraded land, and therefore the environment. Added to this is an important factor in the occurrence of flash floods that eroded the land get a great rate and a significant content of sediment.

The land is not only the environment, but it is the only basis for the production of organic food and raw materials. Stability of the productive capacity of the soil, which reduces erosion, the survival of the human species and civilization. Land, "pedological layer" formed on bedrock geological substrate interactions, climate and biosphere. This layer is characterized by the fact that it is originated and developed, and lives, complete terrestrial plant and animal life, and therefore people.

The slope of the field is not required for erosion by raindrops and wind, but it also caused erosion can occur in a completely horizontal land, so no classification is possible that introduces the category of "no erosion".

Erosion processes are the result of interaction between geology and soil base, relief and climate and land uses, which is among the anthropogenic impact. The processes of erosion and geological

substrate affect the entire Earth's surface and are the main source of sediment that is subsequently transported from the place of origin to the deep sea that are collectors of full thickness. Share erosion, the force that has been caused, the pluvial (rain), fluvial (river) and eolian (wind erosion). It is a common occurrence, and all forms of erosion with various percentages of participation and the mutual interplay.

Erosion processes can have different intensities, from the weakest to the extreme. Some erosion is clearly visible, while others are disguised forms of erosion and become visible only when the erosion rate becomes much stronger.

The oldest method of labeling intensity of erosion is a descriptive way, and it is very widely since many important needs is not an exact figure on the intensity of erosion.The development of science has brought many new insights into the erosion and erosion intensity and magnitude of the impact of certain natural factors on it. This is the subject of numerous studies, research and development programs, and will take this opportunity to give a presentation of the impact of some of the important factors.

NATURAL FACTORS OF THE ORIGIN AND DEVELOPMENT OF SOIL EROSION

Natural factors that are important for development of erosion processes as climate, geological - pedological conditions and surface relief. Each of these factors has its own specific types of incidents that alone or in combination with a wide range of impacts on the intensity of erosion processes.

HUMAN IMPACT ON EROSION

A man with his activities on the use of land and natural adaptation to their needs can disrupt the natural balance uspostavnjenu, but also to preserve it and improve it. It is therefore an important anthropogenic erosion indicated land uses.



Figure 1. Human impact on increasing erosion processes

LAND USE

People are already thousands of years of the earth's surface adapted to their needs for livestock, agriculture, deforestation, mining, building settlements, etc. All this activity has covered the entire surface of the earth, and the most accurate way to talk about land use. Erosion is a natural phenomenon and the process of its intensity had the largest effect overall activity of the people, and

this is the only area that can be brought under control by changing land uses to reduce the erosion of tolerable measure and because he was given primary importance in controlling and prevention of erosion. Such as improper land uses may give the intensification of erosion, so the same is possible by changing the manner of usage mitigate the erosion of an acceptable low level.

In many places it is not possible to repair the erosion of changing land uses, which is why they developed a number of methods for remediation of erosion . Each methodology defines and especially this area, and for each land uses there is a procedure of calculating its impact. The development of the science of erosion has gone away because this is an area directly related to the economy of every community, because it directly affects the losses in agriculture and forestry, and indirectly on the overall economy of each country.

The importance of concerns about the decline is the fact that the most powerful country in the world based on its power production potential of grain, because, they concluded that the Great Depression between the two world wars caused a drastic drop in crop yields of then and now, the largest U.S. producer of grain, the level below 900 kg / ha. Historical evidence shows that all great civilizations collapsed and developed at a time when there has been a drastic decline in crop yields from 4000 and more kg / ha in the amount of less than 800 kg / ha. Analyzing a state of the United States of America ordered the test causes a drastic decline in yields of grain and other agricultural products. It was concluded that the cause of soil erosion. As at that time, the U.S. space used for intensive agriculture, less than a hundred years, the extent of soil degradation during this relatively short period of time were disastrous. Therefore, the U.S. government passed a law about the erosion of soil erosion, which is named " Public Enemy No. 1. ".

Further development of science and knowledge of erosion are defined and other risks for the creation and development of erosion. Defined as all impacts and risks of the primary erosion due dejsvom rain and wind erosion caused by over agricultural machinery, to irrigation erosion that occurs in irrigation systems and looks quite miniscule size, but still contributed to the collapse of ancient civilizations. It should be noted that the U.S. soil conservation service (SCS) is oriented towards the problems of the agricultural sector, were not discussed the problems and risks of erosion in other areas of activity.In Europe, the struggle with the erosion was not the subject of organized action, but attention is oriented to development of torrents, and the rehabilitation of erosion carried only their reforestation of eroded slopes, because this was clearly visible sources of erosion of sediment that is transported by torrential streams.

Therefore, the initial European schools defined erosion risks in exploiting forests. The risks of erosion caused by forest exploitation are the risks of erosion of clear felling operation, transportation of timber cut by valleys and erosion caused by heavy forestry machinery.

Yugoslav schools struggle with the erosion was based on the classical European schools, but was extended experience American school of conservation land. The integration of the two systems was necessary because in our areas of land used for agriculture and where those would have to be forest or grassland. That is why in our country developed a detailed set of anthropogenic erosion risk adjusted to local conditions.

Industrial development has brought a new form of erosion risk. This is the risk of erosion of the mines, of which the most significant is surface mining and tailings ponds. The emergence of industrial landfills passed a new set of risks from erosion.

APPLIED METHOD FOR EROSION INVESTIGATION AND MAPPING

Two methods for erosion process investigation and mapping are commonly used in Former Yugoslavia. The first method is the Universal Soil Loss Equation – USLE developed by America’s Soil Conservation Service – SCS. It serves to determine the erosion intensity on agricultural land. Although it provides reliable data on losses of soil and nutrients, this method is limited to agricultural lands with slopes less than 15 %.

The second method is the “Erosion Potential Method” (EPM). It was developed in the Institute for Development of Water Resources “Jaroslav Cerni”. This method has been used to determine the

erosion intensity and to calculate the erosion sediment yield and transport needed for water resources planning and management and hasn't slope limitation. The method proved reliable for assessment of sedimentation that affects reservoirs, river channels, important structures and urban areas. It is now a standard method for erosion mapping in water management.

The method is analytical and intended for erosion mapping. In contrast to other methods, it can be implemented to all slopes. It was developed as a system support for implementation in water management, torrent management and erosion control. The method produces the qualitative and quantitative indicators of erosion intensity.

The erosion mapping module has been presented several times to the professional audience, because it is the module which represents the base of the method. Although erosion mapping by this method and module requires a trained specialist, the apparent simplicity of the method and the similarity to other methods led to several erroneously constructed erosion maps and unprofessional modifications.

Namely, all the mistakes made during the phase of erosion mapping bring in an exponential error to all subsequent calculations. This issue was devoted much attention to in several papers.

Since erosion is a natural phenomenon is necessary to carry out a field investigation works such as are: estimation, determination and verification of the coefficients and relief characteristics needed for further computations. The coefficient of observed erosion is estimated. Other coefficients are determined in the previous office processing but should be verified in the field, although they could be determined directly on the spot for small areas. The coefficient of erosion (Z) is calculated from the following equation:

Analytical methods of erosion mapping have their target users, such as mining, agriculture, forestry, water management, banking, etc. Analytical methods have a clearly defined research procedure: preparation, acquisition of data, analysis, processing, and generation of erosion maps.

The investigation procedures starts at 1947.year and after several steps (1952.; 1956.; 1962.year) computations methodology was defined in 1968.year. EPM (Erosion Potential method) has been widely used in Yugoslavia since that time, being constantly improved.

The EPM erosion mapping procedure requires investigations and computations to determine and present on a map the surfaces with the same quantitative erosion class. The basic EPM value of the quantitative erosion intensity is the Erosion Coefficient (Z). (Gavrilovic S. (1972); Gavrilovic Z. (1988))

The coefficient of erosion (Z) is calculated from the following equation: [Gavrilovic S, Gavrilovic Z]

$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{I})$ where:

Y = coefficient of soil resistance to erosion
X = Land use coefficient
a = conservation coefficient
□ = coefficient of the observed erosion process
I = is mean slope of the surface

Classification of erosion is done in five categories. Ranges of the Erosion Coefficient (Z) are shown in table 1.

MPE Erosion categorization			Table 1
Erosion category	Qualitative name of erosion category	Range of values of coefficient (Z)	Mean value of coefficient (Z)
I	Excessive erosion - deep erosion process (gullies, rills rockslides and similar)	Z > 1.0	Z=1.25
II	Heavy erosion - milder forms of excessive erosion	0.71< Z <1.0	Z=0.85
III	Moderate erosion	0.41<Z<0.7	Z=0.55
IV	Slight erosion	0.20<Z<0.4	Z=0.30
V	Very slight erosion	Z< 0.19	Z=0.10

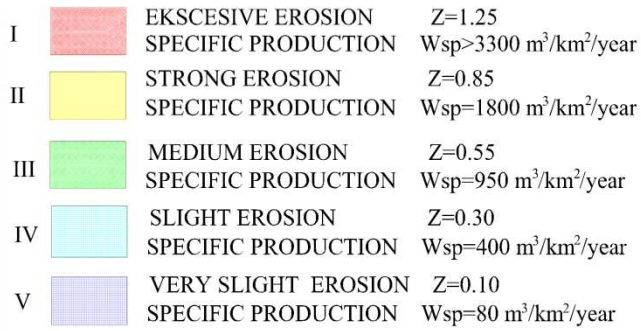


Figure 2. Typical appearance legends of erosion map

There is an opinion that mapped category of the erosion process is identical with sediment production. Since the climate factor is changeable one, every area has its own characteristic values of the sediment production related by another EPM equation:

$W_{sp} = T \times H \times \pi \times \sqrt{Z^3}$ where

Wsp - is the average annual specific production of sediments per km^2 in m^3 /year
T - is the temperature coefficient calculated from

$T 0\sqrt{\frac{t}{10} + 0.1}$ where t is the mean annual air temperature in Celsius degrees (C°)

H - is the mean annual amount of precipitation in mm (millimeter/year)
Z - is the coefficient of erosion calculated using the mentioned methodology (average value for whole catchments or area).

EROSION MAPPING

Soil erosion is a complex process which is clearly discernible only in the extreme conditions. The determination of erosion class and intensity requires the preparation and processing of several different sets of spatial data. They are relief characteristics, parent rock, soil, land use, erosion characteristics and climate characteristics. In most cases, the state services produce the analogue or digital maps, and they are authorized for their production and maintenance. A common characteristic of such maps is that their content and processing are adapted to a large spectre of users.

For this reason, each data set has to be adapted to the demands of the concrete mapping method. Frequently, the demanded sets of spatial data are mapped in the scale considerably lower than the scale of the target erosion map. Then it is necessary to import the corrections. This is possible by field research and by remote sensing methods.

The following two sets of spatial data belong to the category of dynamic data, because they can change very quickly: land use and erosion characteristics. Both data sets can be acquired and processed by field research and by the methods of remote sensing.

There were attempts to impose exclusively the field method of research and erosion mapping, because the direct field research was thought to be more precise. Also, there were attempts to map exclusively by applying the remote sensing method. Both extremes failed and instead of usable erosion maps, they generated colorful maps. The reason is conditioned by the fact that each research method has its limitations.



Figure 3. Remote sensing and land use mapping



Figure 4. Field research to improve the content mapping identified areas of erosion

REMOTE SENSING ROLE IN THE EROSION POTENTIAL METHOD INVESTIGATION PROCEDURES

From the beginning, the method (EPM) applied the remote sensing, which was improved in time and enabled considerably faster work and the reduction of the scope of field investigations, which are still inevitable.

In this field, the procedures have been developed for the work with the available remote sensing methods, suitable to the desired results.

On the other hand, the advantage of aerial photographs is still the low price for the details of the images and the visibility of details compared to the satellite images of the same resolution.

The advantage of satellite images is that they are delivered in multispectral form. Of course, the resolution and the number of spectral lines affect the price.

For this reason in practice, disregarding the erosion mapping method, we select the combination that has the satisfactory preciseness for the target map scale.

Multidisciplinary approach, i.e., the use of knowledge and experience from other professions enables the detection of numerous other phenomena, such as the presence of underground water to the depth of 1 m, detection of bedrock, etc.

TYPICAL MISTAKES DURING INVESTIGATION

Today it is very easy trough GIS processing to compute all imputed values except value of the coefficient of the observed erosion process (**φ**). This value directly depends on personal experience. A well-trained specialist may overestimate or underestimate by no more than 10%, and this does not significantly affect the end result. However, a greater error in the assessment of an observed erosion process (**φ**) leads to an erosion classification error by one to two categories, and this directly affects the accuracy of subsequent mathematical analyses where the erosion coefficient *Z* is an input parameter.

This includes the quantification of the eroded material which depends on climatic factors (temperature, precipitation and wind). Namely, the method was designed to provide the appropriate category that has been investigated by an authority, and to permit other specialists with minimal training to compute the sediment production rate (Wsp) in m³/km² according to the formula

$$W_{sp} = K \times \pi \times \sqrt{Z^3}$$

Where *K* is the numerical value for climatic characteristics obtained by the EPM method. This function is exponential and an erosion classification error introduces an exponential error into the analyses, as can clearly be seen in the figure 1 showing the sediment production rate multiplier (*Wsp/K)* as a function of the erosion coefficient *Z* and the potential magnitude of error due to an inadequately determined coefficient of the observed erosion process ***φ***.

One erosion class error means that future reservoir will be filed in very short time or calculated values can stop reservoir designing.

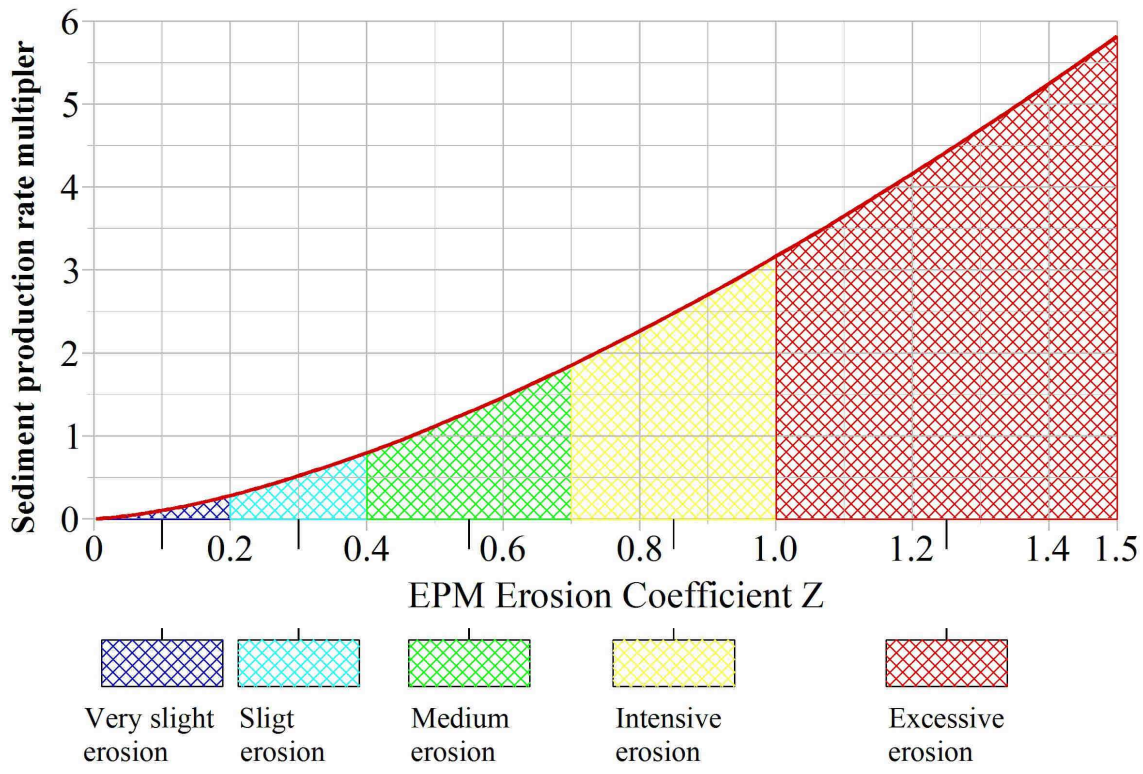


Figure 5. Sediment production rate multiplier as a function of the erosion coefficient Z

Shown example pointing to posibile subjective mistake during investigation. This mistake is characteristic when scientist isn't well trained to determine observed erosion process.

CRITERIA FOR DETERMINING EROSION ZONES

Erosion areas and erosion zones are often equated, in fact erosion area is the part of the area affected by the various classes and categories of erosion, classified according to the appropriate method of mapping of erosion, and the erosion zones, are surfaces where you do not have to be developed erosion, but that can become a eroded zone if change the land use.

The purpose of the legal obligations declaration of erosion areas is to provide a legal basis for the application of other measures prescribed by the Water Law, Law on Emergency Situations. the Law on Agricultural Land and Environment Law, in order to curb further degradation due to improper use of land. Based on the foregoing, in addition to defining the erosion surface should be taken: "Erosion zone is a soil surface overtaken by apparent processes of erosion. It is also a surface without apparent erosion, but it might occur due to change in land use", [Gavrilovic Z].

A set of administrative measures, carried on by the land users on compulsory bases represents successful anti erosion measures. These measures usually require a relatively low cost a part of which is allocated to the state agency in charge (planning, implementation and erosion control). The administrative measures should be legally defined and implemented over a long time-period.

Practice has proved that the best results in preventing and abatement of erosion can be achieved by combining the technical works in the beds of torrential streams, biomechanical works in the channels and the catchments areas, biological works in the catchments areas and application of administrative measures.

Obviously, erosion is present on all surface, but erosion zones are only there where different way of land use can change erosion category to lower one. This way is low cost and can be applied on significant areas were people normal use land for their wide activates. In the case of heavily eroded lands there is needed very expensive technical and biological works.

Land Use and Conservation coefficient values Table 2.

No.	Surface Conditions	Coefficient		
		X	a	Xa
A	Surfaces which were not treated by conservation works			
1	Barren untilled soil	1.00	1.00	1.000
2	Plowed field with plowing upwards and downwards	0.90	1.00	0.900
3	Orchards and vineyards without low vegetation	0.70	1.00	0.700
4	Degraded woods and under bush with eroded soil	0.60	1.00	0.600
5	Mountain pastures	0.60	1.00	0.600
6	Meadows and similar perennial crops	0.40	1.00	0.400
7	Good woods on slopes	0.20	1.00	0.200
8	Good woods on flat land	0.05	1.00	0.050
B	Surfaces after conservation works (biological, technical and administrative)			
1	Contour farming	0.90	0.70	0.630
2	Contour farming with mulching	0.90	0.60	0.540
3	Contour - strip cultivation with crop rotation	0.90	0.50	0.450
4	Contour orchards and vineyards	0.70	0.45	0.315
5	Terracing of plowed fields, terraces, graded terraces	0.90	0.40	0.360
6	Grassing, meadow amelioration	0.60	0.50	0.300
7	Contour trenches of medium density	0.60	0.40	0.240
8	Forestation (holes and strips)	1.00	0.20	0.200
9	Forestation and grading	1.00	0.10	0.100
C	Catchments area after technical works on torrent control			
1	Retarding waterways and micro – reservoirs	0.90	0.30	0.270
2	Riverbed regulation (torrent dams, channels etc.)	1.00	0.70	0.700

To identify erosion zone at the first it must be calculated expected change after different land use or conservation method. Equation has shape:

$$Z_n = \frac{Z \times (X_n \times a_n)}{(X \times a)}$$ where:

Z= Coefficient of Erosion before antierosion measures
X = Land use coefficient before antierosion measures
a = conservation coefficient before antierosion measures
Z_n= Coefficient of Erosion after antierosion measures
X_n = Land use coefficient after antierosion measures
a_n = conservation coefficient after antierosion measures
Values for these calculation are shown in table 2. [Gavrilovic S , Gavrilovic Z ., Stefanovic M., Gavrilovic Z].

DECLARING OF EROSION ZONES OF A MUNICIPAL TERRITORY

Erosion zones are proclaimed on the basis of provisions of the Law on water resources of the Republic of Serbia and an Erosion status report in which erosion zones of a municipal territory have been identified by applying the prescribed methodology.
The following administrative anti-erosion measures of erosion control are implemented:
- Ban on slope farming that requires loosening of soil (corn and similar crops
- Ban on plowing of slopes;
- Ban on deforestation of slopes;
- Ban on grazing in degraded fields;
- Mandatory contour plowing;
- Mandatory conversion of crop fields into grass fields;
- Mandatory reclamation of degraded grazing fields;
- Mandatory forestation of bare land;

- Mandatory conversion of annual to perennial farming in degraded areas;
- Mandatory erosion-preventive land husbandry;
- Mandatory erosion-preventive forest husbandry.

These measures are prescribed for each parcel located at the erosion area and entered into the table of parcel data.It prescribes measures that will best suit its management, soil erosion protection, and that on this occasion does not diminish the income of the users with the surface.Experience to date indicates that an anxiety of these measures, because the effects were such that the repaired area as revenue increased several times.Only in extreme cases, may order some of the measures that drastically changes the conditions and culture of a land use. It's only difficult eroded arable land that is for a longer period to be excluded from agricultural production and a long protection using forest vegetation.Professional services regularly monitor the situation on the ground and promptly issued orders for the implementation of prescribed measures.

PROCEDURES FOR PLAN OF EROSION ZONE OF THE MUNICIPALITY

Development and implementation of a plan of erosion zone of the municipality must be performed in the following order :

Municipal Assembly organize and participates with his professional services in developing a plan of erosion zone.

Making of map of erosion confides processors licensed for authorized erosion mapping method Map of land uses creates professional service of the municipality.

Plan of erosion zones is entrusted processors licensed for authorized erosion mapping method-EPM

List of parcels that are on the erosion zone made professional services of the municipality.

Plan for administrative implementation of erosion control measures processors made professional and technical services of the municipality.

Public water enterprise and regional water management center coordinates with the Municipality of developing a plan of erosion zone and approve the plan developed.

Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management - Water Resor controls the implementation of the plan of erosion areas through its inspection services.

Plan on an annual basis , except that it is entered only in the change. Continuing to monitor the state of the parcels erosion zone and, if need be promptly react by tightening measures.

Every ten years, it controls the entire territory of the municipality to establish a new image of erosion zone that may have occurred in previously untreated soil.

AN EXAMPLE OF APPLIED EPM FOR EROSION MAPPING AND ZONING

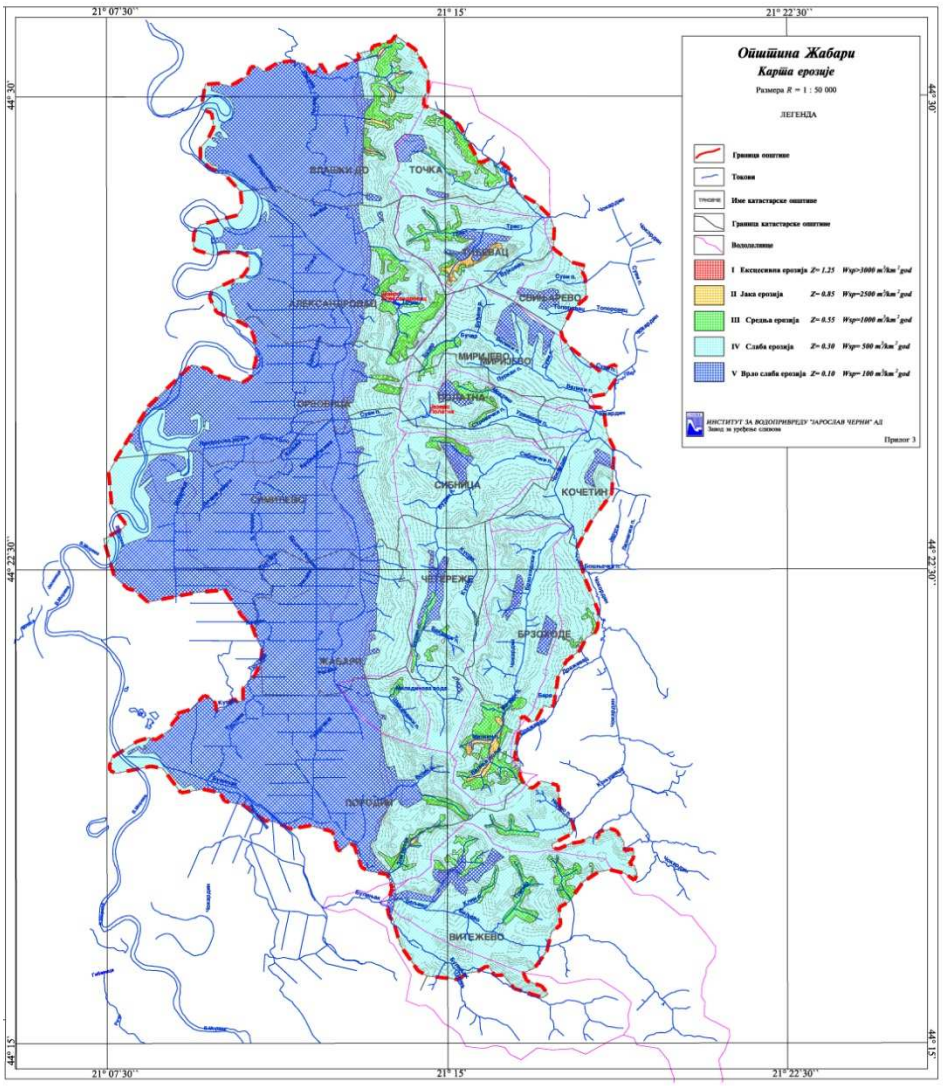


Figure 6. Erosion map of Municipality of Žabari

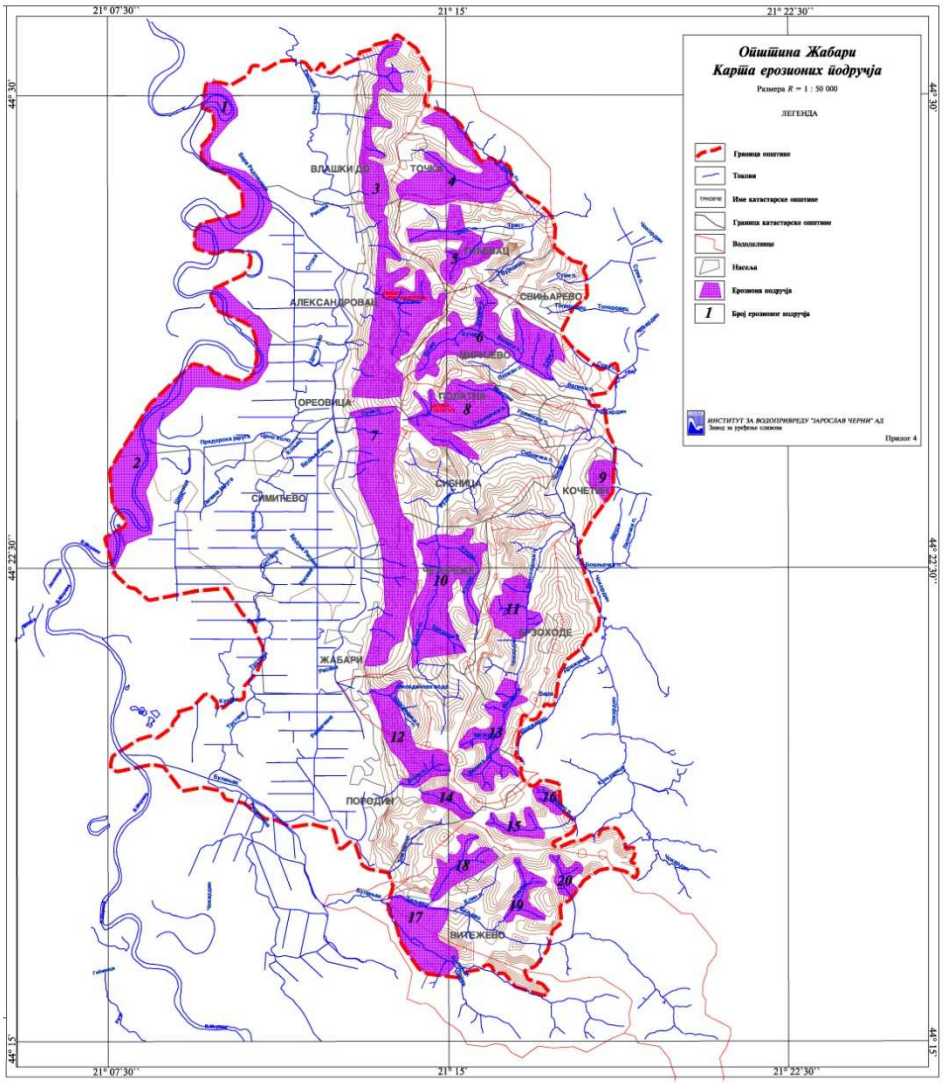


Figure 7. Erosion zone map of Municipality of Žabari

CONCLUSION

Vulnerable areas are called " erosion " exist as a legal category in Serbia is almost 80 years old. Due to the strong development of erosion processes in the beginning parts of Serbia declared complete erosion areas (Grdelička Gorge , Vranje basin, then the basin Nisava Timoc and other rivers) . When you have achieved a result of counter- measures , creating a belief that in this way removed " erosion areas" . In addition to the equal terms erosion category with a " eroziog areas ." This misconception has caused a proclamation area affected by strong erosion processes of " erosion area" because there was no strict criteria for it. The consequence is the emergence of the intensification of erosion processes in all places where erosion has undermined established method of forest land in such atmospheres.

Simpler and clearer words many areas in Serbia, where the program was implemented erosion control measures and successfully reduced the erosion , retain the status of " erosion area " because it is their natural and invariably feature .

Therefore, it is necessary to " erosion areas" identified on the basis of uniform criteria and procedures for the identification . In this way will provide a unique basis for planning at the local and state level ,

Významné povodne na tokoch v správe SVP, š. p., OZ Bratislava od r. 1997

Major floods on watercourses in the administration of SVP, š.p., OZ Bratislava since 1997

Rusina, P., Slovenský vodohospodársky podnik, š.p., Odštepný závod Bratislava
peter.rusina@svp,sk

V príspevku sa autor venuje významným povodňovým udalostiam na tokoch v správe SVP, š.p., OZ Bratislava v období od roku 1997 – a to z hľadiska ich príčin, priebehu povodní, vzniknutých povodňových škôd a realizovaných opatrení po týchto povodniach.

In this paper, the author deals with the significant major flood events on the watercourses in administration of SVP, š.p. OZ Bratislava since the year 1997, both in terms of causes and processes of floods, accrued damages and the measures that were implemented after these floods.

Povodeň, povodňová línia, povodňové škody, protipovodňové opatrenia, hrádza, preventívne opatrenia,

Úvod

Prakticky až do polovice deväťdesiatych rokov 20. storočia prevládal v Slovenskej republike optimistický pocit bezpečia pred katastrofickými povodňami. Toto zdanie pramenilo zo skutočnosti, že extrémne odtokové udalosti sa v posledných desaťročiach nevyskytovali a tiež aj vďaka v minulosti relatívne slušne vybudovaným ochranným líniám a stavbám umožňujúcim reguláciu odtoku. Prišiel však rok 1997 a extrémne povodne nebývalou intenzitou zasiahli strednú Európu, oblasť povodia Moravy a čiastočne aj severozápad Slovenskej republiky. Žiaľ, ďalšie roky ukázali, že toto bol len začiatok periódy povodňových udalostí na Slovensku – o rok nasledovala tragická povodeň na východe republiky v povodí Malej Svinky, potom na Myjave, v neskorších rokoch na Dunaji, opäť na Morave a Myjave, na Hornej Nitre, Turci, Žitave, Ondave, Bodrogu, atď... Poslednou významnou povodňovou udalosťou bola tohtoročná júnová povodeň na rieke Dunaj.

Júl 1997 - Morava

Začiatkom júla 1997 zasiahla intenzívna zrážková činnosť povodie hornej Moravy a horného Dunaja, časť severozápadného Slovenska a neskôr aj severného Slovenska (Orava, Tatry). Na Myjave za dva dni, 6. a 7. júla 1997 napršalo 108 mm, v Bratislave na Kolibe až 146 mm zrážok. V histórii prevádzky týchto meteorologických staníc dovtedy nikdy nenapršalo za dva dni viac ako 100 mm zrážok. V profile Moravský Svätý Ján rieka Morava kulminovala 21.7. 1997 pri vodnom stave 569 cm, v Záhorskej Vsi 22. 7. 1997 pri vodnom stave 630 cm. Berúc do úvahy celé povodie Moravy, najničivejšie následky mala povodeň na území Českej republiky – tu prišlo na niektorých lokalitách k pretrhnutiu, resp. preliatiu hrádzí. Okrem veľkých materiálnych škôd (63 mld. Kč, 252 mil. EUR) tu došlo aj k stratám na ľudských životoch – zahynulo 49 osôb. Prietrže hrádzí v ČR výrazne ovplyvnili priebeh povodne v dolnom slovensko-rakúskom úseku.

Povodeň na rieke Morave bola charakteristická najmä dlhotrvajúcim výskytom extrémne vysokých vodných stavov – napr. vodný stav vyšší ako je hladina prislúchajúca 3. stupňu povodňovej aktivity v Moravskom Svätom Jáne bol 21 dní! Napriek tomu ochranné línie odolali a vody Moravy sa nedostali na chránené územia. Na Slovensku boli povodňové škody v porovnaní s Českou republikou výrazne nižšie. Na majetku správcu toku boli v slovenskej časti povodia Moravy vyčíslené škody vo výške 202,84 mil. Sk (6,7 mil. eur), straty na životoch neboli žiadne. V rámci celého Slovenska dosiahla vtedy celková výška škôd (t.j. vrátane severného a severozápadného Slovenska) takmer 2,5 miliardy Sk (82,4 milióna eur).

Marec 2002 - Dunaj

V mesiaci marec sa na Dunaji vyskytla z hydrologického hľadiska významná povodeň, ktorá bola spôsobená výdatnými zrážkami v nemeckom a rakúskom povodí Dunaja. Dunaj v Devíne kulminoval pri hladine 829 cm a 8 644 m3. s-1 (dovtedy piaty najvyšší zaznamenaný stav).

August 2002 – Dunaj

Intenzívne zrážky začiatkom augusta na území Nemecka a Rakúska dramaticky ovplyvnili hladinu Dunaja aj na území Slovenska. Podľa prvých prognóz hrozilo zaplavenie intravilánu Bratislavy, no transformáciou povodňovej vlny ešte nad naším územím, včasným o odborným vykonaním protipovodňových zabezpečovacích prác a dobrou manipuláciou na sústave vodných diel Gabčíkovo, prietok bol udržaný v medzihrádzových priestoroch. Kulminácia Dunaja nastala v Devíne 16. augusta o 02,00 hod. pri hladine 945 cm a prietoku 10 500 m3/s, v Bratislave v ten istý deň o 04,00 hod., v Medveďove 17. augusta o 6,00 hod. a v Komárne 18. augusta o 01,00 hod. Vysoká hladina Dunaja spôsobila spätné vzdutie všetkých jeho prítokov - najvážnejší stav bol na dolnom úseku rieky Morava, kde došlo k čiastočnému zaplaveniu miestnych častí Bratislavy: Devínska Nová Ves a Devín.

Apríl 2006 – Morava, Myjava a Chvojnica

Výrazný vzostup hladín bol zaznamenaný na vodných nádržiach Stará Myjava, Brestovec, Kunov, Jablonica, Brezová, Radošovce, Kostolnica, naplnené boli poldre Oreské a Myjava – mesto. Vplyvom dlhodobo zvýšených vodných stavov došlo k oslabeniu bezpečnosti OH Moravy, Rudavy a potoka Lakšár. V r.km 0,100 došlo k pretrhnutiu ľavostrannej hrádze Mlynského náhonu Rudavy. Na potoku Lakšár - v dôsledku preliatia hrádze sa vytvorila prietrž v km 0,850 pravostrannej hrádze dĺžky cca 60 m – voda postupne zaplavila poľnohospodárske pozemky medzi pravostrannou hrádzou potoka Lakšár a OH rieky Moravy. Na rieka Morava bolo prekročené historické maximum na vodomernej stanici Moravský Svätý Ján, keď bola dosiahnutá hladina 615 cm , doterajšie maximum bolo 579 cm – 13.3.1941. Obdobne bola prekročená výška hladiny dosiahnutá na ČS Kopčany počas povodne v júli 1997 163,04 mn.m) - dňa 29.3.2006 o 6^{00} (163,11 m.n.m) o 7 cm. Tak isto boli zaplnené všetky predvypustené objemy VN, ktoré boli vytvorené znížením hladín pred očakávaným topením sa snehu. Plne využité a overené boli retenčné schopnosti poldrov Oreské a Myjava- mesto.

Kritická situácia nastala vo výustnej trati toku Rudava, kde bolo potrebné obojstranné navyšovanie koruny hrádze vrecami s pieskom. Následné sa v km 0,850 pravostrannej OH potoka Lakšár o 11^{00} hod. dňa 5.4.2006 vytvorila prietrž v dôsledku preliatia hrádze a činnosti bobrov dĺžky cca 60 m – voda postupne zaplavila pozemky medzi pravostrannou hrádzou potoka Lakšár a OH rieky Moravy, čím bola skoro vyradená z činnosti ČS Malé Leváre. Kritická situácia nastala na pravej ochrannej hrádzi Čiernej Vody, kde sa na základe prognóz vývoja hladiny vody zistila nedostatočná výška hrádze a muselo sa pristúpiť k jej navýšeniu pomocou vriec naplnených pieskom.

Na rieke Morava trvala povodňová situácia v stanici Moravský Svätý Ján od 27.3. do 22.4. t.j. 28 dní a tretí, najvyšší stupeň trval 11 dní. Kulminačný prietok v tejto stanici a v stanici Záhorská Ves dosiahol historickú hodnotu - 100 ročný prietok. Tento maximálny prietok, ktorý bol zameraný, sa v tejto stanici vyskytol len druhýkrát od jej zriadenia. Na Dunaji sme v tomto období zaznamenali taktiež prvý až tretí stupeň PA. Povodňová situácia zasiahla aj povodie Nitry a dolného Váhu, kde sme zaznamenali prvý až tretí stupeň PA a v stanici Kolárovo v dôsledku topenia snehu a bohatých prítokov z malých Karpát až 8 dní s najvyšším stupňom PA. Čo sa týka ostatných mesiacov roka, významná povodeň zasiahla ešte Moravu na prelome apríla a mája, na konci júna a v auguste aj na Dunaji. Pri týchto povodňových situáciách boli dosiahnuté prvé a druhé stupne PA.

Jún, júl 2009 - Dunaj

Povodňová situácia v júni a júli 2009 vznikla v dôsledku výrazných zrážok, čo zapríčinilo zvýšenie hladiny v toku Dunaj, jeho prítokoch a spätnému vzdutiu Moravy. Na slovenskom úseku bola pri prvej povodňovej vlne zaznamenaná hladina Dunaja zodpovedajúca dosiahnutiu alebo prekročeniu 2. stupňa PA v staniciach Devín, Gabčíkovo a Medveďov a 3. stupňa PA v staniciach Komárno a Štúrovo. Pri druhej vlne bola na Dunaji dosiahnutá v staniciach Devín a Gabčíkovo úroveň hladiny 1. stupňa PA, avšak na strednom úseku v stanici Medveďov sa zopakovala úroveň hladiny pre 2. stupeň PA a 3.stupeň PA zase v dolnej časti v staniciach Komárno a Štúrovo. Prvá aj druhá kulminácia pri tejto povodňovej situácii v stanici Devín prebehla v mesiaci jún, ale v staniciach od Gabčíkova po Štúrovo prebehla druhá kulminácia až v nasledujúcom mesiaci.

V dôsledku zvýšenej hladiny bola zaplavená inundácia rieky Moravy, zaplavené parkovisko pod hradom v mestskej časti Devín a rozostavaná stavba „Protipovodňová ochrana Bratislavy“.

Jún 2013 - Dunaj

Povodňová situácia začala pod vplyvom extrémne vysokých úhrnov zrážok v hornej časti povodia Dunaja v Nemecku a v povodí rieky Inn. Pri zrážkovej činnosti, ktorá spôsobila túto povodeň, sa výraznou mierou podieľal silný náveterný efekt, vzhľadom na umiestnenie tlakovej níže a s ňou spojenými frontálnymi systémami voči alpskému masívu.
Na celom slovenskom úseku Dunaja boli vysoko prekročené úrovne hladín zodpovedajúce 3. SPA. Taktiež vo vodomerných staniciach v dolných častiach prítokov Dunaja, s výnimkou Hrona, boli zaznamenané hodnoty výšky vodných hladín zodpovedajúce stupňom povodňovej aktivity, pričom klesajúca tendencia miery ovplyvnenia prítokov vzdutím z Dunaja bola pozorovateľná v smere toku. Hydrologická služba SHMÚ vyhodnotila maximálny prietok povodne na 10 640 $m^3 \cdot s^{-1}$ v profile Devín a 10 641 $m^3 \cdot s^{-1}$ v profile Bratislava, čo je veľmi blízko pod hodnotou doteraz stanoveného maximálneho prietoku, ktorý môže byť dosiahnutý alebo prekročený priemerne raz za 100 rokov ($Q_{max.100}$ = 11 000 $m^3 \cdot s^{-1}$). Maximálny prietok povodne v Bratislave je najväčším prietokom vody, ktorý sa vyskytol počas ostatných 113 rokov. Dunajská povodňová vlna sa pod Bratislavou v zdrži Čunovo rozdeľovala na dve časti: cez derivačný kanál VD Gabčíkovo a druhá časť postupovala v starom koryte Dunaja. To spôsobilo dôležitú transformáciu maximálneho prietoku vody. Kulminácia povodne vo vodočetnej stanici Medveďov nastala 07.06.2013 o 20:00 hod., čo bolo takmer o 27 hodín neskôr ako v Bratislave. Do Štúrova došla kulminácia povodne 09.06.2013 o 07:00 hod. ráno. Maximálny vodný stav bol 812 cm pri prietoku vody 9487 $m^3 \cdot s^{-1}$.

Povodňové škody

Povodňové škody nie sú evidované podľa čiastkových hydrologických povodí, ale podľa územnosprávnych jednotiek. Napriek tomu sme sa pokúsili aspoň ilustratívne zosumarizovať

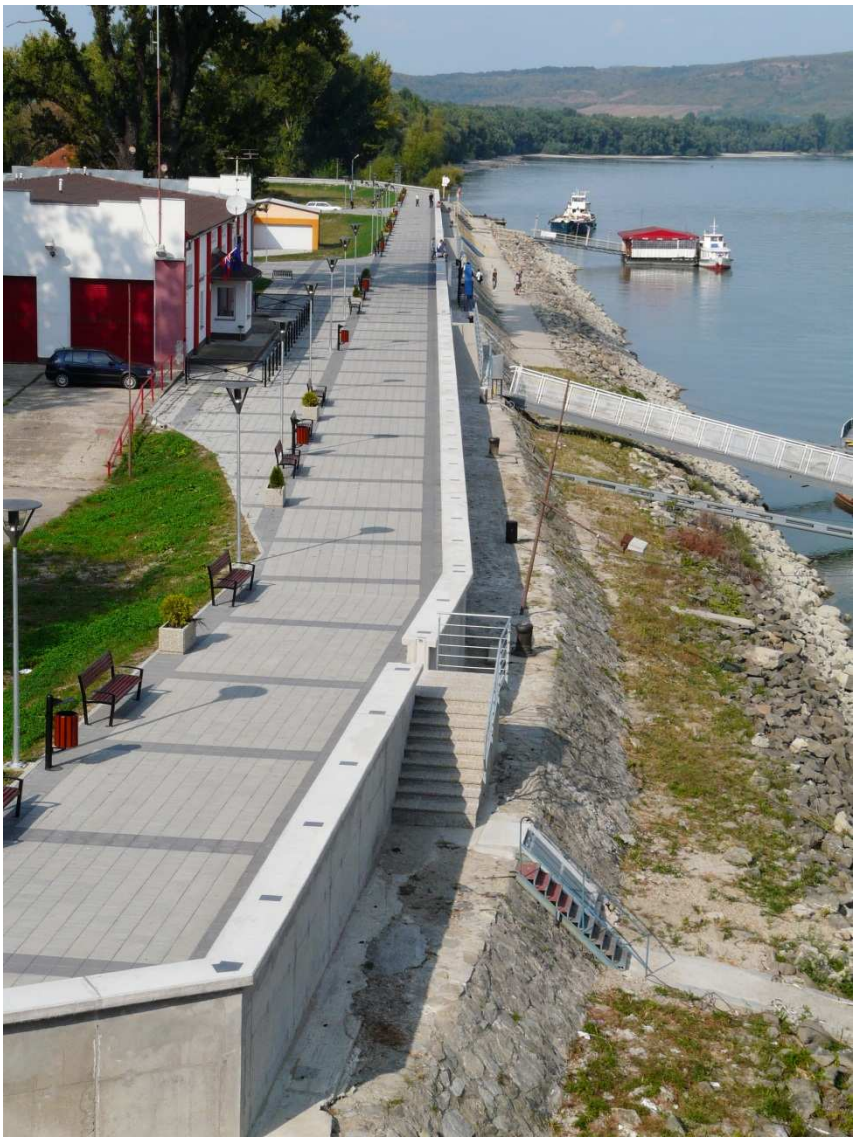
povodňové škody vo vzťahu na jednotlivé povodňové udalosti. Vedomí si istej miery generalizácie sme využili údaje z územia Bratislavského, Trnavského a Nitrianskeho kraja.

Škody spôsobené povodňami v na majetku obyvateľov, obcí, krajských a okresných úradov:

Rok	**Bratislavský kraj**	**Trnavský kraj**	**Nitriansky kraj**	**Spolu** (v mil. EUR)
2002	50,669	0,564	0,356	51,589
2006	1,694	1,924	1,493	5,111
2009	1,003	0,763	0,525	2,291
2013	0,064	0,184	4,649	4,897

A ako na povodne reagovali vodohospodári?
Predovšetkým povodne v rokoch 1997 až 1999 s katastrofálnejšími následkami najmä v susediacich krajinách viedli Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. k rozhodnutiu riešiť povodňovú ochranu v najexponovanejších oblastiach Slovenska zahraničným úverom. Ešte počas trvania povodní sa koncipovali základné technické a ekonomické parametre projektu **Povodne na území Slovenska v rokoch 1997 – 1999, odstránenie následkov a preventívne opatrenia.** Na tento projekt poskytla Rozvojová banka Rady Európy úver vo výške 30 mil. Euro (1,3 mld. Sk), čo tvorilo max. 60 % z celkového investičného objemu, 30 % sa podieľal štátny rozpočet a 10 p% Slovenský vodohospodársky podnik vlastnými zdrojmi. Odštepný závod Bratislava zabezpečoval realizáciu podprojektu A. „Zvýšenie protipovodňovej ochrany na rieke Morava“, ktorý pozostával z Rekonštrukcie hrádze Moravy km 0,0 – 52,0, Rekonštrukcie hrádze Moravy km 71 – 110 a Rekonštrukcie odvodňovacej sústavy Záhoria, v rámci ktorej bola zrekonštruovaná aj ČS Zohor. Celkové investičné náklady podprojektu „Zvýšenie protipovodňovej ochrany na rieke Morava“ dosiahli 717,9 mil. SKK. Ďalšími významnými investíciami zabezpečovanými OZ Bratislava v rámci vyššie uvedeného projektu boli rekonštrukcie VD Myjava – polder, Polder Myjava – Brestovec a predovšetkým výstavba nového poldra Oreské. Tieto opatrenia boli realizované v rámci podprojektu C. „Protipovodňové opatrenia na tokoch v mestách a obciach SR“. Celý projekt protipovodňových opatrení bol ukončený v lete 2005 a ani nie o rok, už v apríli 2006 ich preverila povodeň na rieke Morave a v oblasti povodia Myjavy a Chvojnice. Kulminačné hladiny povodňových prietokov sa v niektorých úsekoch protipovodňovej línie sa nachádzali už nad úrovňou dovtedajšej ochrannej línie (pred rekonštrukciou by boli preliate).

Mnohé kritické lokality sa podarilo vyriešiť vďaka možnosti **financovania stavieb z fondov EÚ (Štrukturálne fondy, Kohézny fond)**. V rokoch 2005 až 2009 OZ Bratislava zabezpečil prípravu a realizáciu stavieb: „Spevnenie ĽOH Dunaja a podložia pri ČS Veľké Kosihy“, „Rekonštrukcia protipovodňovej línie v Štúrove“ a „Suchohrad – dotesnenie podložia nábrežného múru v hkm 19,657 – 20,309 Moravy“, ktoré boli spolufinancované z fondov EÚ. Z viacerých stavieb zabezpečujúcich protipovodňovú ochranu realizovaných OZ Bratislava nemožno nespomenúť stavby financované z vlastných zdrojov: „Ochrana Bratislavy proti veľkým vodám I. a II. etapa“, „Rekonštrukcia ĽOH Dunaja hkm 22,5 – 25,3“ a tiež stavby spolufinancované zo štátneho rozpočtu „Úprava hrádze Maliny I. a III. etapa a „Rekonštrukcia ĽOH Hrona Malá nad Hronom“.



Obr. 1 Rekonštrukcia protipovodňovej línie v Štúrove

Projekt prioritných preventívnych protipovodňových opatrení v SR, intravilány miest Bratislava, Banská Bystrica a Prešov“,

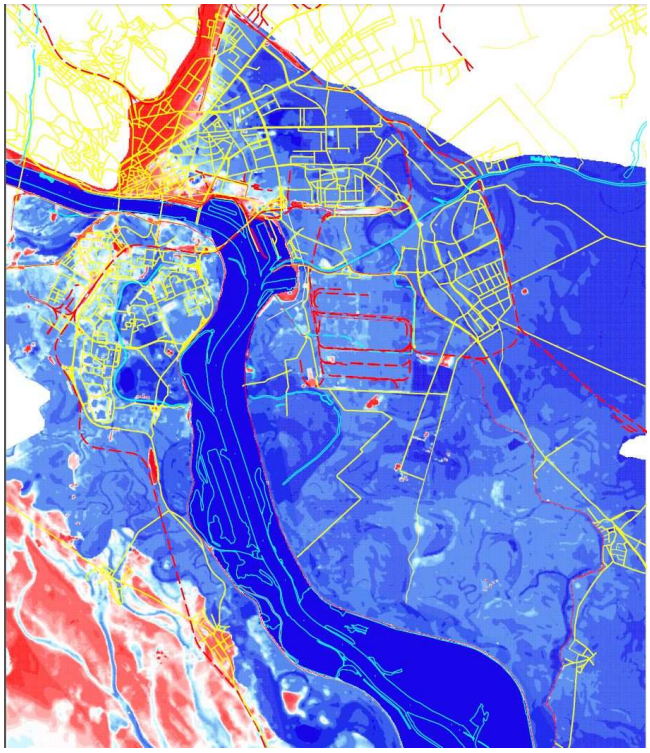
V lete roku 2002 zasiahli extrémne povodne rozsiahle územia v Nemecku, v Rakúsku, v Česku a sčasti aj na Slovensku a spôsobili obrovské škody. To viedlo Európsku komisiu k vytvoreniu podmienok pre financovanie preventívnych protipovodňových opatrení z jej zdrojov. Technická pomoc na prípravu jednotlivých projektov bola financovaná z programu ISPA a predpokladalo sa, že realizácia samotných navrhnutých projektov bude financovaná zo štrukturálnych fondov a aj z kohézneho fondu. Prínosom pre úspešnú prípravu projektu bol fakt, že už v decembri 2001 bola správcovi toku k dispozícii štúdia **Ochrana hlavného mesta Bratislavy pred veľkými vodami**. Obstarávateľom štúdie bolo Ministerstvo pôdohospodárstva SR, jej zhotoviteľom Hydroconsult Bratislava. Štúdia poslúžila ako základný podklad pre posúdenie potrieb úprav na jestvujúcich objektoch tvoriacich ochrannú líniu proti veľkým vodám. O necelé dva roky, pri aplikácii praktickej skúsenosti s povodňou v auguste 2002, ktorá zreteľne preukázala slabé miesta vtedajšieho systému ochranných línií, dochádza k spresňovaniu riešení koncepcie ochrany mesta, ako aj záverov z vyššie uvedenej štúdie. Dôležitý krok v príprave projektu „Bratislava – Protipovodňová ochrana“ sa udial v apríli 2004, kedy bola ukončená verejná súťaž na dodávku technickej pomoci pre projekt

„Odborná pomoc pri príprave prioritných preventívnych protipovodňových opatrení v SR, intravilány miest Bratislava, Banská Bystrica a Prešov“, a následne bola podpísaná zmluva so združením zahraničných firiem Ingenierbüro EDR a Omikron Kapa. Úlohou technickej asistencie bolo posúdenie existujúcej dokumentácie a štúdií, vypracovanie štúdií uskutočniteľnosti, analýzy nákladov a úžitkov (Cost-Benefit analýza), vypracovanie zámeru pre posúdenie vplyvov na životné prostredie EIA, vypracovanie žiadosti o poskytnutie pomoci z Kohézneho fondu a príprava projektových dokumentácií pre územné rozhodnutie. V projekte „Odborná pomoc....“ sa rátalo aj s účinnosťou opatrení, ktoré sa už predtým začali postupne realizovať - predovšetkým išlo o rozšírenie koryta Dunaja z terajších 300 na 400 m a o čiastočné vyrovnanie dvoch morfologicky nevhodných protismerných oblúkov v úseku rieky pod Prístavným mostom. Po predložení žiadosti o poskytnutie pomoci na **projekt „Bratislava – protipovodňová ochrana“** nasledovalo jej detailné posudzovanie odbornými špecialistami Európskej komisie. Európska komisia o poskytnutí pomoci na projekt z Kohézneho fondu rozhodla v decembri 2005. Podľa rozhodnutia sú výdavky týkajúce sa projektu oprávnené do 31.12.2010. Miera pomoci ES poskytnutej na projekt predstavuje 85 % oprávnených nákladov, pričom maximálna čiastka pomoci predstavovala 26 552 936 EUR. Štátny rozpočet SR sa podieľal na spolufinancovaní 10 % a 5 % z oprávnených nákladov projektu bola hradená zo zdrojov Slovenského vodohospodárskeho podniku, š.p. Projektová príprava pokračovala spracovaním projektovej dokumentácie pre územné rozhodnutie pre jednotlivé úseky (tzv. aktivity). Projekt bol rozdelený na 8 stavieb – aktivít, pričom neoddeliteľnou súčasťou projektu je aj 9. aktivita – plavidlo vybavené meracím zariadením na meranie prietoku, rýchlosti prúdenia, morfológie riečneho koryta a spracovanie údajov. V júni 2006 už boli vydané územné rozhodnutia na všetky aktivity a vzápätí bol odštartovaný proces verejného obstarávania. Verejná súťaž na dodávku projektových a stavebných prác vyvrcholila podpísaním zmluvy o dielo s víťazným uchádzačom dňa 24. 1. 2007. Hlavné ciele projektu boli primeraná ochrana dotknutého obyvateľstva pred povodňami v záujmovom území (hlavné mesto SR Bratislava a obce na Žitnom Ostrove), predchádzanie vzniku ekonomických škôd a environmentálnych škôd v záujmovom území, vrátane ochrany zdrojov pitnej vody a ochrany poľnohospodárskej pôdy pred kontamináciou. Projekt preto riešil medzery a nedostatočne chránené úseky existujúceho protipovodňového systému, ktorý bol v minulosti vybudovaný na ochranu Bratislavy a tiež ochranu rozsiahleho územia západoslovenského regiónu. Vysoké prietoky rieky Dunaj počas povodní, morfológia terénu v kombinácii s prípadným porušením (resp. prekročením kapacity) protipovodňových línií by mali katastrofálne následky: zaplavenie 383 km^2 zastavaného mestského územia a 2000 km^2 poľnohospodárskej pôdy, čo by priamo ohrozilo okolo pol milióna obyvateľov západoslovenského regiónu. Práce na rozostavanej stavbe „Protipovodňová ochrana Bratislavy“ – aktivity v centre mesta, aktivita 5 v mestskej časti Devín a aktivita 6b v Devínskej Novej Vsi načas prerušila už spomínaná letná povodeň v roku 2009. Vtedy sa dunajské vody dostali (síce neškodne a symbolicky) za rozostavané ochranné línie hlavného mesta. Veríme, že to bolo prvý aj posledný krát.



Obr. 2 Povodeň v r. 2009 na stavenisku novej protipovodňovej línie v centre Bratislavy

Táto povodeň neohrozila plánovaný postup prác a celá stavba bola ukončená v r. 2010. O necelé tri roky ju už naozaj dôkladne preverila júnová povodeň 2013. V prípade zlyhania napr. ľavostrannej protipovodňovej by boli zaplavené okrem centra mesta aj východné mestské časti so sídliskami, s priemyselnou zónou a následne územie Žitného ostrova. Na pravom brehu by v prípade zlyhania ochrannej línie bola postihnutá najväčšia bratislavská mestská časť Petržalka so 150 tisíc obyvateľmi, mestské časti Rusovce, Jarovce a Čunovo a následne územia s obcami v Rakúsku a Maďarsku.



Obr. 3 Pracovný model záplavy Bratislavy s parametrami povodne z júna 2013

Záver

Napriek významnosti povodňovej situácie v júni 2013 boli materiálne škody na slovenskom úseku Dunaja vďaka prijatým protipovodňovým opatreniam len minimálne. Táto skutočnosť potvrdzuje erudovanosť a pripravenosť zamestnancov OZ Bratislava a vysokú efektívnosť prostriedkov vynaložených na protipovodňovú ochranu v porovnaní s materiálnymi škodami, ktoré mohli nastať bez takejto ochrany. Rovnako, ak porovnáme reálne škody pri povodniach v r. 1997 a 2006 v slovenskej časti povodia Moravy nezostáva iné, len konštatovať, že včas vykonané preventívne opatrenia sú a budú vždy nadmieru efektívne. Osobitne treba zdôrazniť aj nezanedbateľný fakt, že počas všetkých uvedených povodní neprišlo ani raz k stratám na ľudských životoch.

Literatúra:

(1) *Informácie o priebehu a následkoch povodní na území SR, http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnami/sprava-priebehu-nasledkoch-povodni-uzemi-sr*
(2) *Sabo J., Realizácia projektu Bratislava – protipovodňová ochrana, Vodohospodársky spravodajca7-8/2012, str.5*
(3) *Povodeň na Dunaji 2013, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, júl 2013*
(4) *Interné materiály a správy SVP,š.p., OZ Bratislava*

Predikcia prítokov do VN Turček pri vybraných scenároch

(Prediction of inflow into the dam Turček for selected scenarios)

Stanček, R., VODOHOPODÁRSKA VÝSTAVBA Š.P., Bratislava, robert.stancek@vvb.sk

Hudec, R., VODOHOPODÁRSKA VÝSTAVBA Š.P., Bratislava, radovan.hudec@vvb.sk

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá tvorbou zrážko-odtokového modelu pre vrcholové časti povodia rieky Turiec, ktorá je jedným z prítokov VN Turček. Pri simulácii odtokového procesu v území a jeho následnej predikcii pri vybraných scenároch (extrémny úhrn zrážok, zmena krajinnej pokrývky) sa pracovalo s modelom HEC-HMS. Výsledkom prevedených výpočtov sú hydrogramy v grafickej alebo tabuľkovej forme.

Abstract

This contribution deals with creation of rainfall-runoff model for the highest parts of Turiec River Basin, which is one of the tributaries of VN Turček. For simulation of runoff process in the territory and its subsequent prediction for selected scenarios (extreme rainfall, land cover change) is used the HEC-HMS model. The result of the calculations are transferred hydrographs in graphical or tabular form.

Kľúčové slova: zrážko-odtokový model, HEC-HMS, extrémne zrážky, zmena krajinnej pokrývky
Key words: rainfall-runoff model, HEC-HMS, extreme rainfall, land cover change

Úvod

Zmeny v hydrickom režime krajiny a ich vývoj je možné pozorovať, predpovedať pomocou priamych meraní v teréne alebo pomocou modelovacích nástrojov, ktorých súčasný rozvoj umožňuje predikovať scenáre pre rôzne zmeny v krajine.
Ničivé, ťažko predvídateľne a častejšie sa vyskytujúce bleskové povodne, ktoré sú výsledkom prevažne konvekčných zrážok a taktiež zmeny v krajinnom pokryve, či už vplyvom človeka (odlesnenie) alebo prírody (veterné kalamity, požiare), si vyžadujú našu zvýšenú pozornosť pri riešení vodohospodárskych otázok (dimenzovanie vodných diel, úprava manipulačných poriadkov) a hydrologických operatívnych prognózach (predpovedanie prietokov).
Podstatou zrážko-odtokových modelov je prevádzanie simulácie transformácie ovzdušnej zrážky na odtok pomocou metód hydrologickej a hydraulickej transformácie [1]. Simulovaný z-o. model sa vytvoril pre zrážkovú udalosť (1.-10. júna 2004), počas ktorej boli zaznamenané vysoké úhrny zrážok. Po kontrole a nastavení modelu sa prešlo následne k predikcii kulminačných prietokov pri nami vybraných scenároch. Pri validácií a kalibrácií simulovaného modelu sa použili údaje (prietoky) z limnigrafu L2, ktorý je osadený v závere potoka Turiec, pred jeho vyústením do vodnej nádrže.

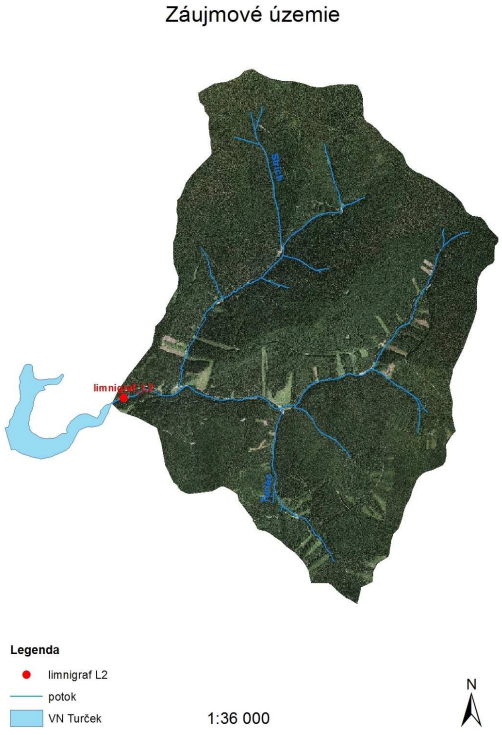
Záujmové územie

Územie je situované v geomorfologickom celku Kremnické vrchy, ktorý patrí medzi sopečné pohoria SR.

Celková plocha povodia rieky Turiec je 934 km^2, v štúdii sa rieši iba časť nad VS VN Turček, ktorá predstavuje 19,4 km^2. Z dôvodu lepšieho vystihnutia jednotlivých parametrov hydrologického procesu sa modelové územie rozčlenilo na subpovodie Štrich (7,9 km^2) a subpovodie Turiec (11,5 km^2) .

VN Turček bola budovaná v rokoch 1992 – 1995 za účelom:

- zabezpečenia zdroja pitnej vody pre Pohronský a Ponitrianský skupinový vodovod a vodovody v okrese Prievidza a Žiar n. Hronom,
- zabezpečenia protipovodňovej ochrany obce Turček a úseku horného Turca,
- možnosti nadlepšovania prietokov v prípade ekologických havárií na toku alebo v jeho povodí.



Obr.1: Záujmové územie (vrcholové partie povodia Turiec)

Metodika

Pre zrážko-odtokovú simuláciu bol vybraný semidistribuovaný model HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), ktorý tvorí 5 komponentov (Basin Model Manager, Meteorological Model Manager, Control Specifications Manager, Time-Series Manager, Paired Data Manager a Grid Data Manager).

Basin Model Manager (model povodia) obsahuje informácie o povodí, resp. subpovodiach. Pre proces vyjadrenia intercepcie sa vybrala metóda simple canopy. Za metódu riešiacu odtokovú stratu na povodí sa zvolila SCS CN a to z dôvodu dostupnosti vstupných dát (hydrologické skupiny pôd, land use a predošlý stav nasýtenia) a jej aplikačnej jednoduchosti. Transformácia zrážky na povrchový odtok sa riešila pomocou metódy Clarkovho jednotkového hydrogramu (Clark UH), ktorú tvoria dva

parametre: Time of concentration (Tc) a Storage coeficient (Sc)[12] [13]. Podzemný odtok sa stanovil pomocou recesnej metódy, ktorá vychádza zo separácie samotného hydrogramu. [1].

$$Tc = \frac{l^{0.8} * (S+1)^{0.7}}{1140 * Y^{0.5}} \qquad S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad Sc = 0.37 * Tc^2 * L^2 * A^{-0.57}$$

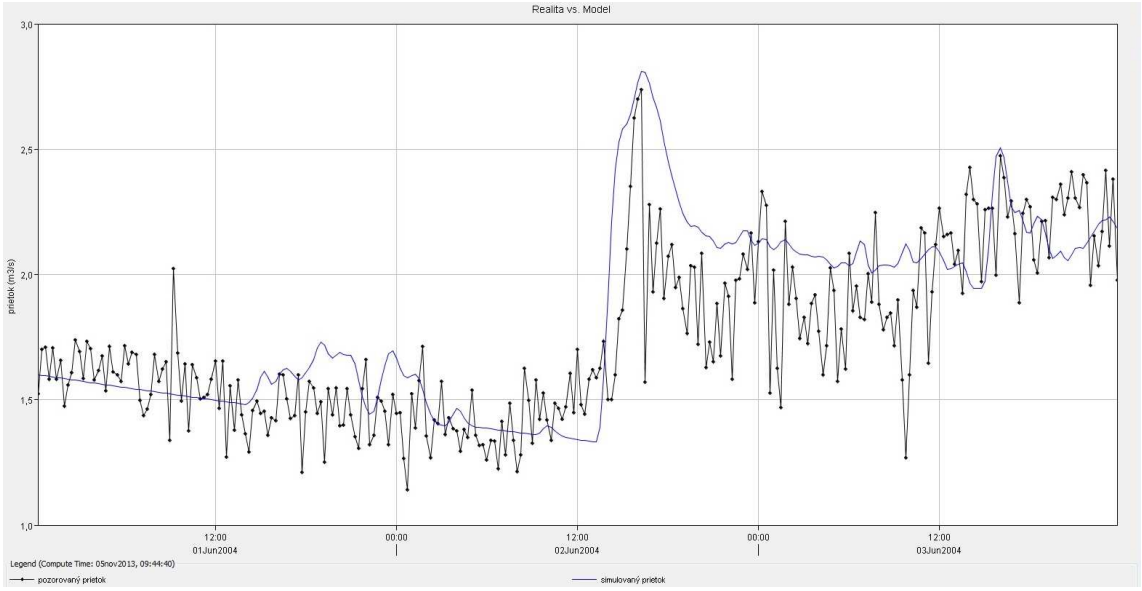
Obr. 2: Metóda Clark Unit Hydrograph [12]

V rámci manažéra meteorologického modelu sa určila forma vstupu zrážkových úhrnov (hyetogram). V kontrolných špecifikáciách sa stanovil začiatok, koniec a časový krok výpočtu (1.-10. jún 2004, 15 min). Pomocou manažéra časových radov sa zadali vstupné dáta ako zrážky a prietoky. Merané prietoky sa vzťahujú k limnigrafu L2 a slúžili k porovnaniu s výstupným hydrogramom simulovaného modelu.

Zvalidovaný simulovaný model bol následne použitý pre predikciu dvoch vybraných scenárov. Prvý predstavoval extrémny úhrn zrážok, dvojnásobok zrážkového úhrnu v období 1. - 10. jún 2004. V rámci druhého scenára sa riešila zmena krajinnej pokrývky (odlesnenie 40% územia) a následne prejavenie sa na prítoku do VS VN Turček.

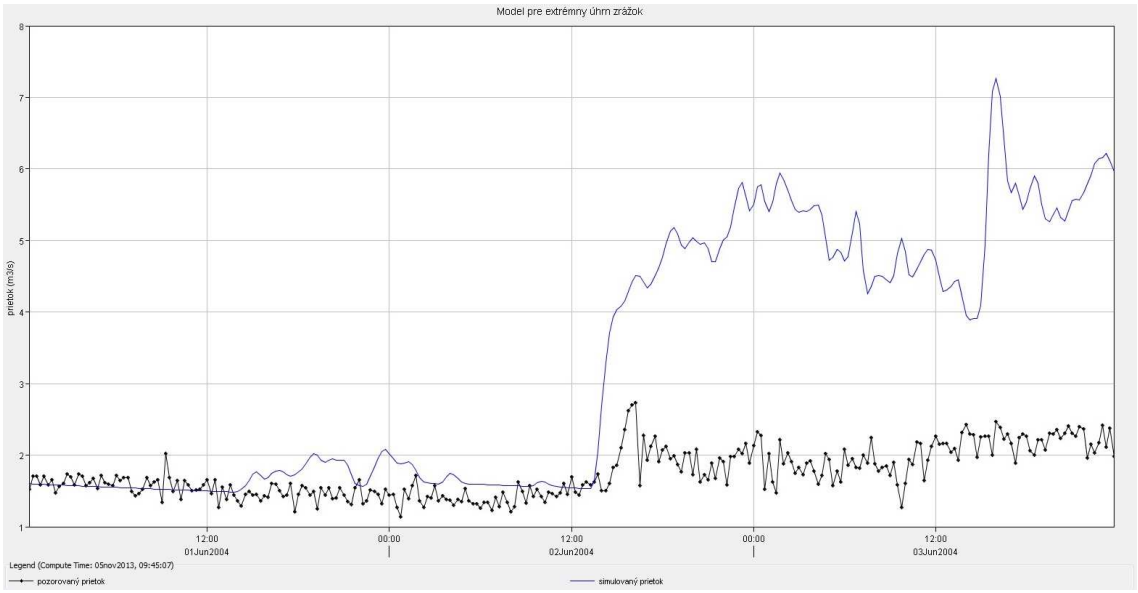
Výstupy

Simulovaný model vznikol rekonštrukciou zrážko-odtokového procesu prebiehajúceho 1. - 10. júna 2004. Výsledkom bol hydrogram znázorňujúci prietok v čase v záverečnom profile L2. Ako vidieť z obr. 3, kulminácia pri pozorovanom prietoku bola dosiahnutá 2. júna 2004 o 16:15 2,74 m^3/s, pri simulovanom modeli bola 2. júna 2004 o 16:15 2,8 m^3/s. Vrchol prietoku bol dosiahnutý v rovnakom čase, ale prietok bol navýšený o 0,06 m^3/s.



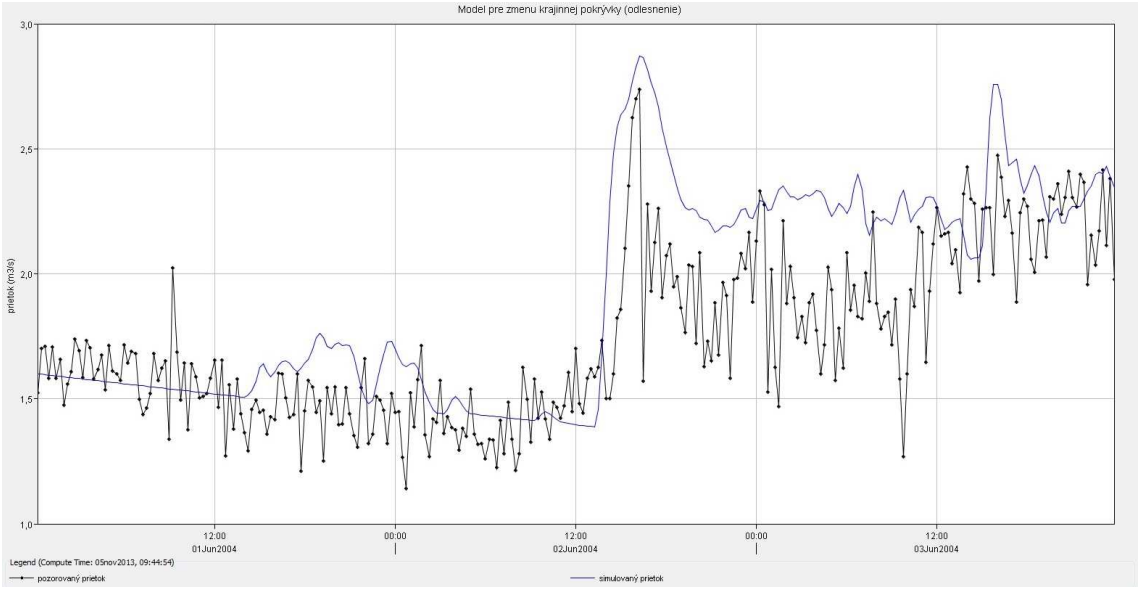
Obr. 3: Pozorovaný prietok vs. Simulovaný prietok pre limnigraf L2

V druhej fáze výpočtov zostali všetky komponenty modelu okrem časového rádu zrážok zachované. Extrémny úhrn zrážok bol poňatý ako dvojnásobok spadnutého množstva počas udalosti 1. - 10. jún 2004. Kulminačný prietok pri vybranej situácii bol 3. júna 2004 o 16:00 7,3 m^3/s. Dvojnásobný úhrn zrážok sa prejavil 2,8-násobým zvýšením prietoku a posunom kulminácie o 23h45min neskôr.



Obr. 4: Model pre extrémny úhrn zrážok

Iný scenár predpokladal zmeny v samotnom povodí, kde došlo k odstráneniu 40% lesa. Zmena krajinnej pokrývky sa premietla v zmenách jednotlivých komponentov hydrologických metód popisujúcich zrážko-odtokové procesy. Kulminácia nastala 2. júna 2004 o 16:15 2,9 m^3/s, kulminácia pri normálnom stave bola 2. júna o 16:15 2,74 m^3/s. Časový posun kulminácie nebol žiaden a nárast prietoku len o 0,16 m^3/s.



Obr. 5: Model pre zmenu krajinnej pokrývky (odlesnenie)

Záver

Ako možno vidieť z predošlej kapitoly, najhorší scenár by nastal pri extrémnom úhrne zrážok, pri ktorom došlo takmer k 3-násobnému zdvihnutiu prietoku v limnigrafe L2. Odlesnenie častí povodia (40 % plochy) ako druhý scenár, nemá až taký výrazný dopad na hydrologické procesy prebiehajúce v ňom.

Literatúra

1. UNUCKA, J. (2010): *Možnosti propojeni GIS a environmentálních modelu pro potřeby krizového řízení a ochrany přírody*. Habilitační práce. VSB Ostrava. 250 s.

2. JENIČEK, M. (2007): *Effects of land cover on runoff process using SCS CN method in the upper Chomutavka catchment*. In Proceedings of the 1st Scientific Conference on Ontegraded catchment managment for hazard mitigation 24-265 September. Remote Sensing Department, University of Trier, Trier. 42-46 s.

3. ADAMEC, M., UNUCKA J, J. (2007): *Modelování vlivu land use na erozní procesy s podporou GIS*. In sbornik konferencuie Říčni krajina 2007. PřF UP, Olomouc. ISBN: 978-80-244-1890-2

4. ADAMEC, M., HANZLOVÁ, M., HORÁK, J., UNUCKA, J., ŽIDEK, D. (2006): *Modelování vlivu land use na srážkoodtokové vzťahy s podporou GIS*. Příspěvek na konferenci Říčni krajina 4. Olomouc, PřF UPOL, s. 335-350. ISBN: 80-244-1495-3

5. BEVEN, K.J. (2002): *Rainfall-runoff Modelling. The Primer. London, John Wiley&Sons*. 372 s. ISBN: 978-0470866719

6. BEVEN, K.J. (2009): *Environmental Modelling: An Uncertain Future?* London, Rouledge, 310 s. ISBN: 978-0-415-46302-7

7. CHANG, M. (2006): *Forest Hydrology*. 2nd edition. London, Taylor&Francis, 474 s. ISBN: 978-0849353321

8. HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. (2004): *Hydrologie*. Skriptum. Praha, ČZU. 271 s. ISBN: 80-213-0950-4

9. VASILIEV, O.F., GELDER VAN, P.H.A.J.M., PLATE, E.J., BOLGOV, M.V. (2005): *Extreme Hydrological Event: New Concepts for Security*. NATO Science Series, Amsterdam, Published by Springer, 499 s. ISBN: 1-4020-5740-7

10. BUZEK, L. (1998): *Eroze lesní pudy v Moravskoslezských Beskydech*. In: Veronica, zvl. Číslo Krajina a povodeň, XII. Regionálni sdružení ČSOP, Brno, s. 40-41

11. TALLAKSEN, L.M. (1993): *A review of baseflow recession analysis*. Department of Geography, University of Oslo, Oslo. 22 s.

12. Hydrology National Engineering Handbook: *Time of Concentration*, US Deparrtment of Agriculture, 2010

13. GRAF. J., GARKLAVS. G., OBERG. K. (1982): *Time of Concentration and Storage Coefficiend values for Illinios Streams*. Urbana, U.S. Geological Survey. 41 s.

14. BAČIAK. J., HUDEC. R.: VS VN Turček, Súhrnná správa o dohľade nad vodnou stavbou za obdobie 1.1.1999 – 31.12.2004, VODOHOSPODÁRSKA VÝSTAVBA, Š.P., 317 s

particularly in these areas introduces a series of prohibitions and obligations protiverozionog forest land that includes all users (private and government) .

BIBLIOGRAPHY

1. *Gavrilović S.:Methodology for Classification of Erosion Processes and Mapping of Eroded Areas. Stage 1. Beograd, Institut "Jaroslav Černi", 1966. (Izrada metodike za klasifikaciju erozionih procesa i kartirawe erozionih područja I faza).*
2. *Gavrilović Z.: The Use of an Empirical Method (Erosion Potential Method For Calculating Sediment Pproduction and Transportation in Unsudied or Torrential Streams, International Conference on RIVER REGIME, 1988: Wallingford, England*
3. *Gavrilović Z. -The Erosion Potential Method - Complex Methodology of Qualitative - Quantitative Classification of Erosion Processes Investigation Procedures, Mapping and Computations. Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi" – Belgrade 1990.*
4. *Gavrilović Z.: Methodology for identification and proclamation erosion zones. – Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi" – Belgrade 1998.*
5. *Gavrilović S.:"Engineering of Torrents and Erosion". Izgradnja, special issue, Beograd 1972. (Inžewering o bujičnim tokovima i eroziji).*
6. *Identification of the Erosion Areas based on EPM. International year of mountainous Conference – Natural and Socio-Economic Efects od Erosion Control in Mountainous Ragions- Belgrade 2003,p. 257-266*

Vplyv skeletu v pôdach horských povodí na extrémne odtoky

Novák, V., Ústav hydrológie SAV, Bratislava, novak@uh.savba.sk
Hlaváčiková, H., Ústav hydrológie SAV, Bratislava, hlavacikova@uh.savba.sk

Abstrakt

Horské povodia sa výrazne podieľajú na odtoku, ktorý môže spôsobiť povodne. Horské pôdy sú charakteristické vysokým obsahom skeletu, t.j. častíc hornín s priemerom väčším ako 2 mm. Vysoký obsah skeletu v horských lesných pôdach (v porovnaní s pôdami homogénnymi) spôsobuje rýchlejšiu odozvu povodia na zrážkovú udalosť. Cieľom tohto príspevku je poukázať na významnú úlohu skeletu v horských pôdach. Očakávaná extremalita počasia a s ňou spojený zvýšený výskyt intenzívnych prívalových zrážok v súvislosti s prebiehajúcimi klimatickými zmenami môže byť zvýraznená v horských pôdach s vysokým obsahom skeletu rýchlejšou tvorbou odtoku, čo môže zvýšiť riziko vzniku povodní v daných oblastiach.

Kľúčové slová: Skeletnaté pôdy, infiltrácia, hydraulická vodivosť, modelovanie, povrchový odtok

Úvod

Povodne, ktoré v minulosti devastovali pomerne veľké územia v údoliach veľkých tokov sa podarilo na väčšine územia Slovenska minimalizovať, predovšetkým technickými opatreniami, ako sú priehradné nádrže, hrádze, odľahčovacie kanály.

Pretrvávajúcou hrozbou zostávajú prívalové povodne, ktoré vznikajú často ako dôsledok intenzívnych zrážok s veľkými úhrnmi, ktoré spôsobujú rýchly povrchový odtok, ktorý prekročí prietočnú kapacitu vodných tokov a spôsobí záplavy, s možnými materiálnymi škodami a neraz aj stratami na životoch. Prívalové povodne vznikajú spravidla na relatívne malých územiach, s rozlohou niekoľkých kilometrov štvorcových, nanajvýš s rozlohou desiatok km^2.

Príčinou prívalových povodní sú zrážky o vysokej intenzite, spravidla vyššej ako je 30 mm h^{-1}, s úhrnmi často vyššími ako 100 mm (Čekal et al., 2012).

Okrem príčinných zrážok pri tvorbe prívalových povodní sú dôležité vlastnosti prostredia, hlavne infiltračná kapacita povrchu pôdy, čo je maximálna intenzita vsakovania vody do pôdy, ktorá je determinovaná vlastnosťami pôdy, ale aj spôsobom využívania krajiny. Táto vlastnosť môže byť kvantitatívne vyjadrená hydraulickou vodivosťou vodou nasýtenej pôdy.

Veľmi dôležitou vlastnosťou povodia z hľadiska tvorby extrémnych prietokov je sklon svahu, a tiež aktuálna retenčná kapacita pôdy, ktorá závisí od vlhkosti pôdy.

Intercepčná kapacita porastu je významná z hľadiska bilancie vody v pôde a v povodí. Pri extrémnych hydrologických udalostiach však významne neovplyvní odtok, pretože maximálna retenčná kapacita ihličnatého lesného porastu je asi 5 mm (Kňava et al., 2008).

Ako už bolo povedané, podmienkou tvorby prívalovej povodne je povrchový odtok, ktorý sa sformuje vtedy, ak je rýchlosť infiltrácie nižšia, ako je intenzita zrážky. Súbežne prebieha infiltrácia vody z výtopy a aj povrchový odtok. Čím viac vody sa dostane infiltráciou do pôdy, tým je povrchový odtok a teda aj riziko vzniku povodne nižšie.

Z uvedeného vyplýva, že tvorba povrchového odtoku závisí od rýchlosti infiltrácie, ktorá je podmienená textúrou, ale aj štruktúrou pôdy. Rýchlosť infiltrácie do piesočnatej pôdy je vyššia ako do hlinitej, alebo ílovitej pôdy.

Okrem toho, je tu ďalší významný faktor vplývajúci na rýchlosť infiltrácie vody do pôdy: prítomnosť kameňov v pôde, vyjadrená skeletnatosťou (Novák a Kňava, 2012). Nízka retenčná kapacita a hydraulická vodivosť skeletu znižuje retenčnú kapacitu a rýchlosť infiltrácie skeletnatých pôd. Podľa Šályho (1978),

veľká časť lesných pôd Slovenska (až 80%) obsahuje kamene pričom ich relatívny objem spravidla stúpa s hĺbkou.
Cieľom tohto príspevku je poukázať na vplyv obsahu kameňov v skeletnatej pôde na rýchlosť infiltrácie vody do pôdy z výtopy a jeho možný vplyv na tvorbu povrchového odtoku.

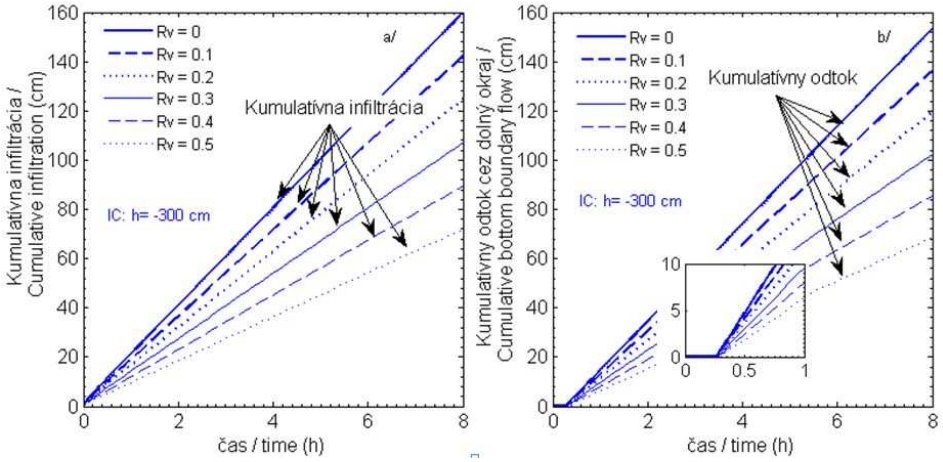
Metóda

Empirické metódy zisťovania vplyvu obsahu, rozdelenia a tvaru skeletu na proces infiltrácie do pôdy obsahujúcej vysoký podiel skeletu nie sú vhodné, pretože nie sú známe vlastnosti pôdy, do ktorej infiltrácia prebieha.
Ak je pôda homogénna (alebo aj vrstevnatá), ktorej vlastnosti sú známe, predpokladá sa, že vlastnosti pôdy na mieste infiltračného testu sú také isté (alebo nepodstatne odlišné) od miesta, kde boli určené hydrofyzikálne charakteristiky (homogénnej) pôdy. Tento postup je bežne používaný, predpokladá sa, že štatistická priestorová variabilita vlastností pôd významne neovplyvní proces infiltrácie a teda výsledky merania je možné zovšeobecniť na celé územie, ktoré je možné považovať za homogénne a ktoré je reprezentované charakteristikami pôdy s dostatočnou presnosťou. Realizovať infiltračný test na tom istom mieste, kde boli odobrané vzorky pôdy, alebo boli vykonané merania charakteristík pôdy v teréne nie je vhodné, pretože pôda bola narušená.
Iná situácia nastane, ak je pôda skeletnatá. Aby boli zistené hydrofyzikálne charakteristiky skeletnatej pôdy, je potrebné merania aj odbery vzoriek pôdy vykonať na tzv. reprezentatívnom elementárnom objeme (REO). Jeho veľkosť je spravidla okolo 1 metra kubického a hmotnosť nad 1 tonu. Odber takejto „vzorky“ pôdy a jej laboratórne testovanie nebolo v našich silách. Preto sme merania vlastností takéhoto objemu skeletnatej pôdy realizovali v teréne (V. Tatry, Západné Tatry) a určovali sme vlastnosti jemnozeme aj skeletu v objeme pôdy 1 m^3 (Novák et al., 2008). Rozdelenie vlastností skeletnatej pôdy je nerovnomerné v priestore, nerovnomerné je aj rozdelenie skeletu podľa jeho tvaru a veľkosti. Počas infiltračného testu skeletnatej pôdy infiltrácia prebieha do pôdy, ktorej vlastnosti nepoznáme. Ak sa pokúsime ex post tieto charakteristiky určiť, interpretácia ich vplyvu na dynamiku vody počas infiltrácie je problematická, pretože na infiltráciu okrem objemu skeletu vplýva aj veľkosť a tvar skeletu a jeho priestorové usporiadanie.
Pre určenie vplyvu vlastností skeletu na dynamiku vody v skeletnatej pôde sme zvolili metódu matematického modelovania pohybu vody v tejto pôde. Zadajú sa obsahy skeletu (skeletnatosť), vlastnosti jemnozeme a z týchto údajov sa určia tzv. efektívne charakteristiky skeletnatej pôdy, ktoré v sebe zahŕňajú vplyv oboch zložiek skeletnatej pôdy (skelet, jemnozem). Tento postup je značným zjednodušením reprezentácie procesu, ale umožňuje nájsť kvantitatívne vzťahy medzi rýchlosťou infiltrácie a idealizovanými, ale známymi vlastnosťami prostredia.
Na modelovanie dynamiky vody v skeletnatej pôde bol použitý simulačný model HYDRUS−1D (Šimůnek et al., 2008), so vstupnými hodnotami efektívnych charakteristík skeletnatých pôd, získaných pre reprezentatívny objem pôdy (REO).

Výsledky a diskusia

Výsledkom modelovania je informácia o dynamike vody v skeletnatej pôde počas a po infiltrácii vody. Pôda a jej vlastnosti sú síce idealizované (prakticky nie je možné namodelovať presne skeletnatú pôdu s rozdelením, veľkosťou a tvarom skeletu), ale získané informácie dávajú dobrú predstavu o vplyve vlastností skeletu (takého, ako bol prezentovaný v modelovej pôde) na dynamiku vody v nej. Umožňuje tiež posúdiť rozdiely medzi infiltráciou a tvorbou odtoku medzi homogénnou pôdou (tvorenou jemnozemou) a pôdou s rozdielnym obsahom skeletu.
Na obr.1. sú (1a) výsledky modelovania kumulatívnej infiltrácie z výtopy (na povrchu pôdy je udržiavaná 2 cm vrstva vody) do pôdy s rozdielnym obsahom skeletu (skeletnatosťou) R_v a (1b) kumulatívneho výtoku infiltrovanej vody zo spodného rozhrania metrovej vrstvy pôdy. Čo z tohto obrázku vyplýva?

Predovšetkým, je vidieť, že čím je vyššia skeletnatosť pôdy, tým je nižšia rýchlosť infiltrácie vody z výtopy. Je to logické: Nepriepustné, alebo málo priepustné „kamene“ znižujú efektívnu prierezovú plochu pre prúdenie vody.
Na druhom obrázku sú kumulatívne odtoky zoradené podobne. Rozdiel je v časovom intervale na začiatku infiltrácie, kde voda potrebuje asi 20 minút na dosiahnutie dolného rozhrania pôdy. Tento „odskok“ závisí okrem hydraulickej vodivosti pôdy aj od jej počiatočnej vlhkosti. Toto je všeobecne známe; čím je vyššia počiatočná vlhkosť pôdy, tým rýchlejšie voda prenikne do dolných vrstiev, pretože jej vodivosť je relatívne vysoká a retenčná kapacita pôdy (ktorá vodu zadržuje a spomaľuje rýchlosť infiltrácie) je nižšia.



Obr.1. Kumulatívna infiltrácia z výtopy (na povrchu pôdy bola 2 cm vrstva vody) do pôdy s rozdielnym obsahom skeletu (skeletnatosťou) R_v (1a); Kumulatívny výtok infiltrovanej vody zo spodného rozhrania metrovej vrstvy pôdy(1b).

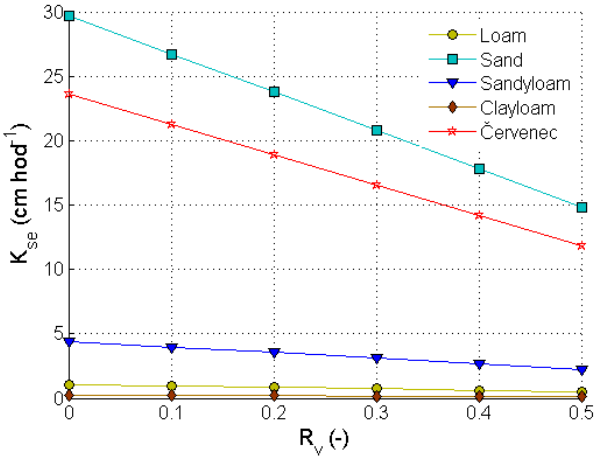
Tab.1 Efektívne hydraulické vodivosti rozdielnych druhov vodou nasýtených pôd K_{se} a ich relatívne hydraulické vodivosti v závislosti na skeletnatosti R_v .

	LOAM	SANDY LOAM	SAND	CLAY LOAM	ČERVENEC forest	**Relative**
R_v	K_{se}	K_{se}	K_{se}	K_{se}	K_{se}	$\boldsymbol{K_{se}/K_{fe}}$
(-)	(cm h^{-1})	(cm h^{-1})	(cm h^{-1})	(cm h^{-1})	(cm h^{-1})	**(-)**
0.00	1.04	4.42	29.70	0.26	23.62	**1.00**
0.10	0.93	3.98	26.73	0.23	21.26	**0.90**
0.20	0.83	3.54	23.76	0.21	18.90	**0.80**
0.30	0.73	3.09	20.79	0.18	16.53	**0.70**
0.40	0.62	2.65	17.82	0.16	14.17	**0.60**
0.50	0.52	2.21	14.85	0.13	11.81	**0.50**

Jedným z cieľov tejto práce bolo demonštrovať vplyv vlastností jemnozeme skeletnatej pôdy na dynamiku infiltrácie a tvorbu povrchového odtoku, ktorý je predpokladom pre tvorbu prívalových povodní.
V tab.1 sú efektívne hydraulické vodivosti skeletnatých vodou nasýtených pôd (K_{se}) s jemnozemou rozdielnych pôdnych druhov a s rozdielnymi skeletnatosťami ($0 \leq R_v \leq 0{,}50$). V prípade skeletnatosti R_v = 0, sú to nasýtené hydraulické vodivosti jemnozeme (K_{fe}) (pôdy bez skeletu). Prvé štyri z nich sú z pôdneho katalógu modelu HYDRUS (Šimůnek et a., 2008), predposledný stĺpec označený ako Červenec obsahuje výsledky meraní v tejto lokalite (pre R_v = 0), ktorá je v povodí Jaloveckého potoka a je súčasťou

výskumného povodia Ústavu hydrológie SAV. Charakteristika jemnozeme tejto lokality – ako to vidieť v tabuľke – je blízka charakteristike piesku; z čoho vyplýva extrémne vysoká hydraulická vodivosť pri nasýtení vodou a malá pravdepodobnosť tvorby povrchového odtoku a teda aj prívalových povodní. Takéto vysoké hodnoty hydraulických vodivostí v horskej časti povodia boli tiež namerané a publikované Dóšom et al. (2012). V tab.1 sú uvedené aj relatívne hodnoty nasýtených hydraulických vodivostí vyjadrujúce pomer K_{se} ku K_{fe} skeletnatej pôdy.

Obr.2. prezentuje efektívne hydraulické vodivosti skeletnatých, vodou nasýtených pôd K_{se} z tab.1 v závislosti na skeletnatosti R_v pre rozdielne druhy pôdy. Čo je možné z hodnôt K_{se} na obr.2 vyčítať? Predovšetkým to, že efektívne hydraulické vodivosti skeletnatých vodou nasýtených pôd K_{se} sa v intervale skeletnatosti $0 \leq R_v \leq 0{,}50$ znížia asi o polovicu. Povedané ináč, ak pôda obsahuje 50% skeletu, jej vodivosť pre vodou nasýtenú pôdu sa zníži asi o 50% v porovnaní s homogénnou pôdou zloženou z jemnozeme. Alebo tiež: ustálená rýchlosť infiltrácie z výtopy do pôdy s obsahom skeletu napr. 50% bude približne polovičná v porovnaní s rýchlosťou infiltrácie do bezskeletnatej pôdy. Približne je možné povedať, že zníženie rýchlosti infiltrácie vody do pôdy sa rovná skeletnatosti, vyjadrenej v relatívnych hodnotách. Z toho, čo bolo povedané tiež vyplýva, že skeletnatá pôda významne zvyšuje riziko tvorby povrchového odtoku a teda aj prívalových povodní, v porovnaní s povodiami pokrytými homogénnymi pôdami.



Obr.2. Efektívne hydraulické vodivosti skeletnatých, vodou nasýtených pôd K_{se} (z tab.1) v závislosti na skeletnatosti R_v, pre rozdielne druhy pôd.

Skeletnaté pôdy časti povodia Jaloveckého potoka v okolí lokality Červenec (1500 m.n.m.) majú tak vysokú efektívnu nasýtenú hydraulickú vodivosť, že ani zrážka s najvyššou pozorovanou intenzitou 54 mm h^{-1} nespôsobila povrchový odtok. Naopak dolná, podhorská časť povodia Jaloveckého potoka, tvorená kvartérnymi sedimentmi, je menej vodivá a teda tvorba povrchového odtoku je v tejto časti povodia reálna (Dóša et al., 2011).
Okrem vplyvu skeletu pôdy na formovanie odtoku v povodí sú tu aj ďalšie významné vplyvy, ktoré vzájomným spolupôsobením určujú výslednú reakciu povodia na zrážky. Medzi takéto vplyvy patrí porast, štruktúra pôdy (významne ovplyvňuje spôsob pohybu vody v jemnozemi), sklon svahu, druh a charakter podložia. Sú predmetom samostatného výskumu.

Závery

Prítomnosť skeletu v pôdach horských povodí znižuje ich hydraulickú vodivosť, znižuje intenzitu infiltrácie a zvyšuje pravdepodobnosť vzniku povrchového odtoku a tým aj prívalových povodní.
Pomerné zníženie efektívnej hydraulickej vodivosti skeletnatých pôd je približne rovné skeletnatosti.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla na základe realizácie grantového projektu VEGA č.2/0032/13 a na základe realizácie projektu č. ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia s podporou operačného programu Výskum a vývoj financovaného z fondu EFRD.

Zoznam literatúry

Čekal, R., Danihelka ,J. Štercl, P., Štěrbová, K. (2012): Průvodce informacemi pro odbornou vodohospodářskou veřejnost. ČHMÚ Praha, pp. 51.

Dóša, M., Holko, L., Kostka, Z., Martincová, M. (2011): Hydraulická vodivosť povrchovej vrstvy pôdy a maximálne intenzity zrážok v podhorskej časti povodia Jaloveckého potoka. Acta Hydrologica Slovaca, 12(2), 251–258.

Kňava, K., Novák, V., Orfánus, T., Majerčák, J. (2008): High Tatras forest structure changes and their influence on rain interception and some components of water balance. Contributions to Geophysics & Geodesy, 38(3), 293–304.

Novák, V., Kňava, K., Orfánus, T. (2008): Soil hydrophysical characteristics of experimental site FIR, High Tatras. Zborník z 3. Medzinárodného seminára Výsledky pokalamitného výskumu vo V. Tatrách. (P. Fleischer, editor), TANAP, T. Lomnica, CD ROM.

Novák, V., Kňava, K. (2012): The influence of stoniness and canopy properties on soil water content distribution: Simulation of water movement in forest stony soil. European J. Forest Research, 131, 1227–1735.

Šály, R. (1978): Pôda základ lesnej produkcie. Príroda, Bratislava. pp. 235.

Šimůnek, J., Šejna, M., Saito, H., Sakai, M., van Genuchten, M. Th. (2008): The HYDRUS–1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media. Version 4.0, Hydrus Series 3, Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, CA, USA, pp. 281.

EXPERIENCE FOR MONITORING AND REAL TIME ALERTING SYSTEM IN SERBIA TO PROTECT AGAINST FLOODING

Milutin Stefanović, Mileta Milojević, Irina Milovanović

Institute for Development of Water Resources "Jaroslav Černi", Department for the Torrent and Erosion Control, Jaroslava Černog st. 80, 11226 Belgrade,
E-mail: **milutin.stefanovic@jcerni.co.rs**

Abstract

Serbia occupies 88.000 km^2 and its confined zone menaced with torrent flood occupies 50.000km^2. Floods on large rivers and torrents are the most frequent natural disasters in Serbia. This is the result of a geographic position and relief of Serbia. Therefore, defense from these natural disasters has been institutionalized since the 19th century. Through its specialized bodies and public companies, the State organized defense from floods on large rivers and protection of international and other main roads.

The Topčiderska River is one of a number of rivers in Serbia that is a threat to both urban and rural environments. In this text, general characteristics of this river will be illustrated, as well as the historical natural hazards that have occurred in the part of Belgrade near Topčiderska River.

The goal is to use monitoring on the Topčiderska River basin to set up a modern system for monitoring in real time and forecast of torrential floods.

This paper represents a system of remote detection and monitoring of torrential floods and rain measurements in real time on Topciderka river and ready for a quick response.

Key words

monitoring, torrential flood, measurment

INTRODUCTION

Floods on large rivers and torrents are the most frequent natural disasters in Serbia. This is the result of a geographic position and relief of Serbia. Therefore, defense from these natural disasters has been institutionalized since the 19th century. Through its specialized bodies and public companies, the State organized defense from floods on large rivers and protection of international and other main roads.

The catastrophic floods and torrents that have been hitting European countries since 2000 are a witness to the magnitude of negative influence of a delusion concerning the protection capacity of the existing system. The ensuing damages led to revisions of the existing protection systems, changes of criteria and development of a new concept of defense.

Today, the scientifically evidenced global climate changes need also be taken into account for they represent one of the major challenges: violent floods caused by strong regional precipitation are ever more frequent, more intensive and turning streams into destructive torrents potentially threatening human life.

Large floods of the past that used to occur once in a century are now ever more frequent. Mild winters with not much snow, with strong rain lasting for hours or copious snow with extreme temperature variations increase threat from floods.[1]

The Topčiderska River is one of a number of rivers in Serbia that is a threat to both urban and rural environments. In this text, general characteristics of this river will be illustrated, as well as the historical natural hazards that have occurred in the part of Belgrade near Topčiderska River. (Figure 1.)

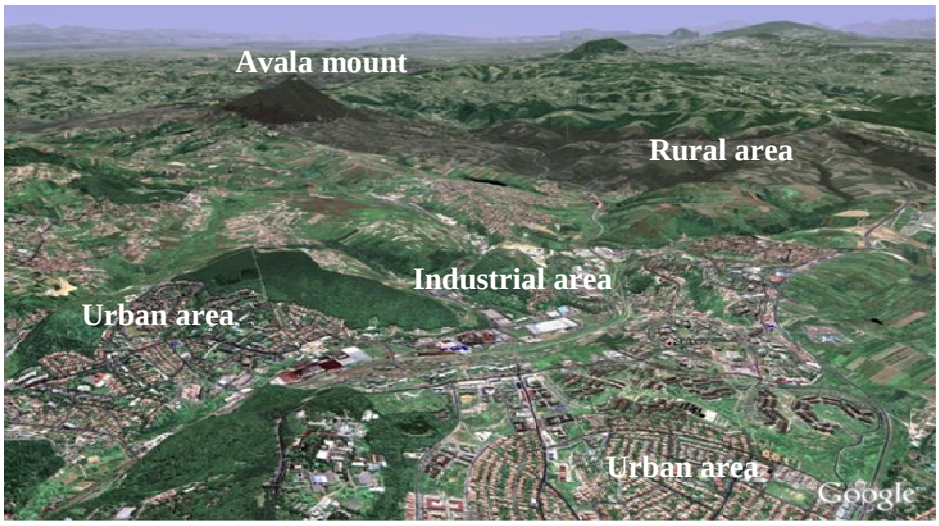


Figure1. 3D viev of Torčiderska River (foto Google earth)

HISTORICAL INFORMATION OF NATURAL HAZARDS IN TOPČIDERSKA RIVER

Floods are common when Topčiderska River is concerned, so after several severe floods in the period 1910-1954, downstream part of the river has been regulated and flood protection structures have been built in order to protect the railway.

Data and analysis from the the year 1985 best illustrate the effect of rainfall intensity on the formation of flash floods. Figure 1 presents a comparative view of hydrographs and pluviographs for a three day period. It is clearly visible that during August 27th, 80mm of rainfall were registered with a ranging intensity of 2 to 4 mm/hr. This rainfall event did not cause rapid runoff, rather a slight increase of discharge. (Figure 2.)
On August 28th, a strong and intense storm occured with rainfall intensity of 100-120mm over a time period of only two hours. Registered rainfall intensities in all of the rainfall measuring gauges ranged from 50 to 80 mm/hr. In the comparative view (Figure 2), the rise in the hydrograph that quickly followed the heavy rainfall is clearly seen. [3]

The upper and middy part of the river were still in danger of floods, and after the 1999 (10^{th}-12^{th} July) severe floods, not only that these parts were damaged, but also the so called ‘’protected’’ parts of the catchment. (Figure 3.)

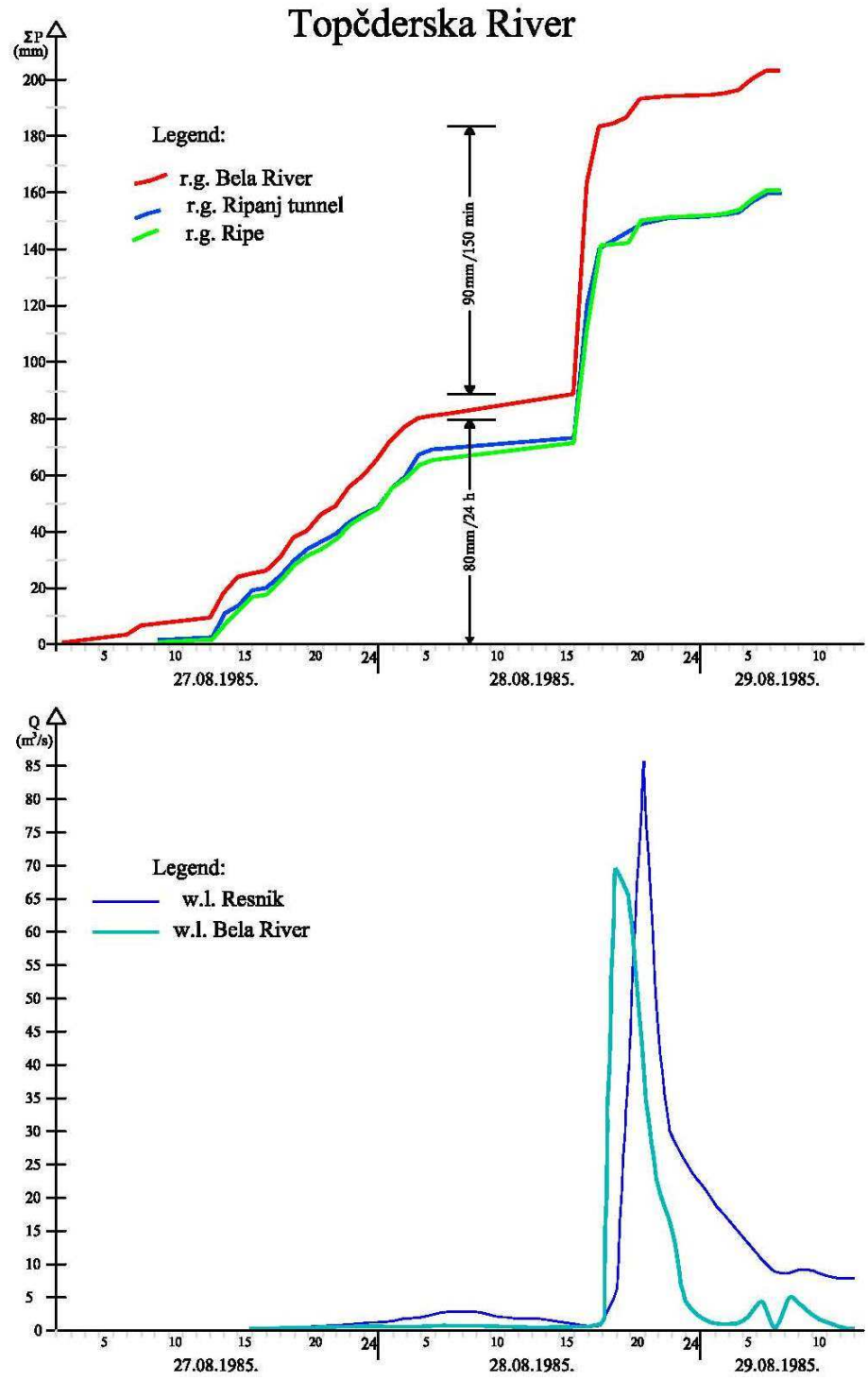


Figure 2: Comparative view of hydrographs and pluviographs from 27^{th} to 29^{th} August 1985



Figure 3: Flood on Topčiderska River, June 1999

A series of floods occurred in 2006 that coincided with the large flood on the Danube and Sava rivers. These floods, in addition to causing damages, interfered with the defense from the unprecedented floods on the Danube.

PRACTICAL PROBLEM AND SOLUTION

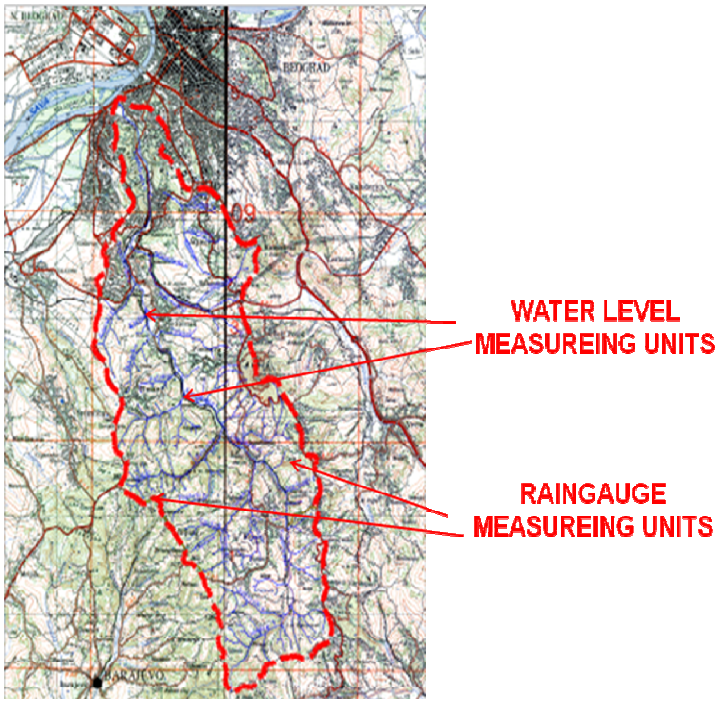


Figure 4 Map of Topčiderska River catchment with locations of installed equipment

The methodology of real time torrent flood defence requires estimation of possible discharges and the time of flood wave onset for a potentially endangered region. In addition, the warning procedure has been shortened and direct communication was established between the radar center of the weather service and the flood defense headquarters of the endangered region.

Over the course of development of the real time torrential flood defense methods, it was concluded that the post-processing of collected rainfall and runoff data spends valuable time that is necessary for the immediate flood defense organisation, as the torrential flood wave usually follows the rainfall by only two to three hours.

For this reason, a system of pre-calculated scenarios was developed for urban areas, roads, railways etc.

The results of these calculations are an integral part of the flood defense contingency plans, and enable the personnel in charge of flood defense to

make timely decisions for defense measures based on monitored data.
Certainly, monitoring is very important for an effective decision-making process. Because the monitored natural phenomena (rainfall and discharge) can damage the monitoring systems, the system is designed to connect a group of independent devices and the meteorological radar system. [3]
Due to the speed of generation and short duration of flood waves, as well as the limits of traditional meteorological and hydrological monitoring equipment, all analyses were performed subsequently and observations were not able to provide a timely notice for the defense from such torrential flooding.
Monitoring equipment was aquisitioned according to defined procedures, which comply with the mentioned requirements. The aquired equipment consists of two automatic rain gauges and two automatic water stage gauges. (Figure 5. and Figure 6) The manufacturer that was chosen is Eijkelkamp, because besides providing the required quality, a unique communication system was offered and relatively inexpensive software for data aquisition and remote control. [4]
Each device was purchased with a programmable communication module. Two communication command modules were purchased for the command center and the analytical development centre at the Department of Torrent and Erosion Control at the Institute for the Development of Water Resources „Jaroslav Černi“.
Automatic monitoring devices were installed at pre-prepared locations, as shown on the map of the Topčiderska River catchment. (Figure 4.)



Figure 5. e+RAIN rain guage at the „Ripe“ site, among other meteorological equipment



Figure 6.„Ripanj rampa“ profile with automatic water stage gauge

Every installed device is equipped with a measuring module and a programmable communication module. Two computers were installed with software for data aquisition as well as programming of automatic monitoring equipment. The data collection and analysis is a constantly on-going task that requires a level of expert knowledge and more importantly reliability of observed and recorded data. This is the reason why the data is stored on two separate computers, along with built-in data security.
The first data aquisition computer is located at the expert institution – Department for Torrent and Erosion Control at the Institute for the Development of Water Resources „Jaroslav Černi", because of the necessity for continuous monitoring of changes and system operation analyses, as well as improvement of alarm and defense procedures.
The second aquisition computer is the regional center for flood defense „Beogradvode" – station „Makiš", where there is always staff on duty, because the alarm system and declaration of defense procedures for torrential flooding differs from that of large rivers. The time from alarming to activation of personnel must be less than one hour in the case of torrential flooding.
Alarm messages are sent by the monitoring equipment to the acquisition computers and cellphones of staff in charge in the form of SMS messages, shortening the reaction time for flood defense. An example of an alarm message in case of high-intensity rainfall is shown in the figure below. Every monitoring device is able to send messages, enabling the person in charge of flood defense to have a more immediate overlook of the situation and act accordingly[2]

DEFINING ALARM CRITERIA FOR HEAVY RAINS AS WELL AS RIVER DISCHARGE

Timely notice and defense from torrential floods requires rainfall intensity data in the catchment, as well as water stage data. These data need to be transferred in real time to the center in charge of flood protection.
Determination of the type, number and location of the installed equipment is a complex task. A too dense observation network can cripple the data aquisition system with too much data, while a sparse observation network often does not register the dangerous phenomenon and does not forward the information. [4]
For each monitoring system it is essential to define critical values of observed processes which can cause a torrential flood. based on previous studies and observations on the Topčiderska River and on similar torrential rivers in Serbia, alarm criteria have been defined for flood protection.
Rainfall criteria were defined as values when torrential flood waves occur, monitoring rainfall intensity and amount:

- when observed rainfall intensity is greater than 4 mm in 5 minutes,
- when observed rainfall amount is greater than 40 mm in 1 hour.

Criteria for alarming the flood defense system based on water stage is defined based on depth of water in the riverbed as well as the speed of rise of water stage:

- when water stage exceeds 100 cm,
- when water stage rises more than 10 cm in 10 minutes.

These criteria are the basis for programming of the monitoring equipment.
For achieving the task of real time monitoring, a balanced scope of equipment was defined that would meet the requirement for real time active torrential flood defense. Two locations were selected for installation of rainfall monitoring gauges and two locations for water stage monitoring. [3]

ANALYSIS OF GATHERED DATA AND FURTHER IMPROVEMENT OF THE SYSTEM RECORDED MONITORING RESULTS

As the period of active monitoring is relatively short, the implemented criteria have been lowered compared to those previously defined. This was done because the occurrence of lower values of rainfall

and discharge are more likely, which provides better conditions for the training of responsible personnel, as these occurrences happen more often.

- For rainfall, the chosen alarm criterium is more than 2 mm of rainfall in 5 minutes.
- For water stage the criterium is water stage of 50 cm.

Although the criteria have been lowered, during the two months of operation only one major rainfall event has been recorded, on 20th July 2011. (Figure 7). During a time interval of 15 minutes, both rain gauge stations recorded 16 mm of rainfall, almost simultaneously. This is an intensity which can cause torrential flooding in these climatic conditions, when lasting for more than one hour. During this event, only 12 mm of rainfall fell in the next hour. The overall result is the initial occurrence of rise in discharge on the Topčiderska River that corresponds to the recorded rainfall.

The figure below shows a chart of recorded rainfall, water stage and discharge on the hydrometric station „Resnik“.

The installed automatic monitoring equipment has automatic time synchronisation of all measuring sites with the aquisition computer, and this event confirmed that in case of torrential rivers such as the Topčiderska River the flood wave occurs two to three hours after the start of high intensity rainfall.

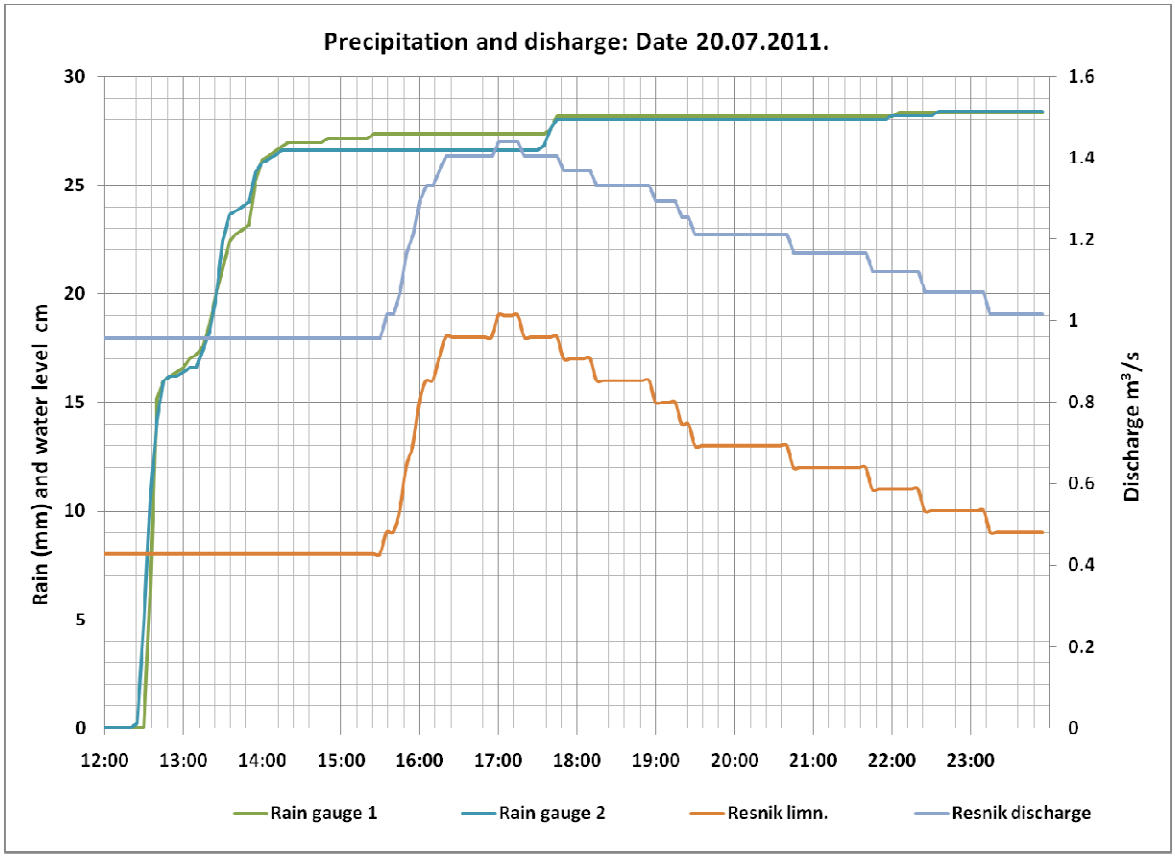


Figure 7. Recorded rainfall, water stage and discharge

The recorded rainfall that occurred in the first 15 minutes (16 mm) of the event, caused a rise in water stage three hours later, with a trend that corresponds to the trend of a high intensity rainfall event. The following 12 mm of rainfall that fell over the course of one hour, although 75% the amount of the previous rainfall, did not affect the increase of the water stage. In fact, an increase in water stage of 1 cm was recorded, which may have been due to retention of the first event, while the second event prolonged the flood wave.

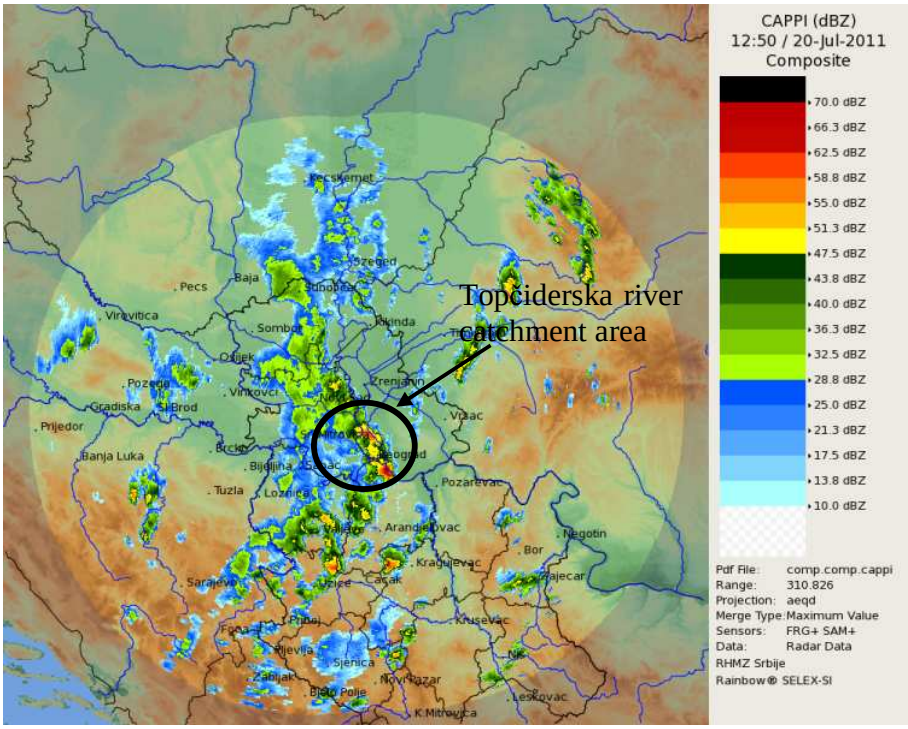


Figure 8. High intensity rains above Belgrade and Topčiderska River

The recorded rainfall has been confirmed with meteorological radar observations. (Figure 8). On four successive radar images (available on the internet), the movement of cloud masses and formation of cumulonimbus clouds can be clearly seen. The speed of storm clouds is clearly seen, as well as heavy rainfall that occurred between 12:35 and 12:50. [3]

CONCLUSION

Recorded data have shown the adaptability of the installed equipment and the possibility of a timely notice for torrential floods. The next step is the further training of personnel, in accordance with the analyses of the collected data, as well as the practice of new procedures for rapid response to high intensity rainfall events.

The established system for monitoring torrential floods and the flood protection system is incorporated with a minimal configuration required for monitoring and timely action.

Similar systems have been installed worldwide, in developed European countries, but with a much larger commitment of resources compared to those available in this case. Nevertheless, there are no substantial differences in the end results. All systems designed for the timely notice of torrential floods have a similar structure, that can be simply reprsented as:

- measuring equipment for monitoring and data aquisition for torrential rains and floods,
- communication devices for direct connection of measuring equipment and the alarm and analytical centers,
- computer systems with dedicated software for alarming and analysis, as well as improvement of the alarming and torrential flood defense system,
- constant financial support, both for the operation of developed alarm systems and further development of existing systems and new solutions.

Although the monitoring system on the Topčiderska River has been developed with modest resources, it is not less functional than much more expensive monitor systems developed in leading European countries.

The installation of equipment for monitoring torrential floods on the Topčiderska River has been finalized and the system has been put into operation. However, this is only the beginning of the continuing task of development, analysis and maintenance. [5]

REFERENCES

[1] Stefanović M., Gavrilović Z., Kocić Z. (2011). Methodology for assessment of threat and development of a General Plan for Disaster Management at the Local Level, Belgrade, USAID, pp. 6-8.

[2] Milovanović I., Stefanović M., Gavrilović Z. (2010). Real time monitoring of torrent floods on the Topčiderska River, YUINFO 2010, Kopaonik , pp. 5-9.

[3] Gavrilović Z., Stefanović M., Milojević M. (2010). Study of torrential floods observations in Topčiderska river, Institute "Jaroslav Černi", Belgrade

[4] Stefanović M., Gavrilović Z., Milovanović I., Zlatanović N., Milojević M.: Determining criteria for monitoring torrential rains**,** 13th Plinius Conference on Mediterranean Storms - Disasters and Climate Change: Know to Adapt, Programme Book, 7-8 September 2011, Savona, p. 43, 2011.

[5] Stefanović M., Milovanović I., Čotrić J. (2011). Application of Torrent Flood Monitoring in Real Time in Serbia, UFRIM, Graz, Austria, p. 419 - 424

Nonstationary frequency analysis of annual minimum flows in Slovakia

Silva A. T., University of Lisbon, Portugal, artur.tiago.silva@ist.utl.pt
Portela M. M., University of Lisbon, Portugal, maria.manuela.portela@ist.utl.pt
Matos J. P., University of Lisbon, Portugal, jose.matos@ist.utl.pt
Zeleňáková M., Technical University of Košice, Slovakia, martina.zelenakova@tuke.sk

Abstract
Nowadays there seems to be a consensus among the scientific community that, due to climate change, there is an intensification of the hydrological cycle, which, coupled with evidence of the impact of persistent modes of regional climate variability, have led hydrologists to study hydrological extremes under nonstationarity. Accordingly, the hypothesis of stationarity, which has historically assisted practice and research in the fields of hydrology and water resources management, is being undermined. In this paper, an exploratory analysis is conducted on the temporal variability of minimum daily flows from a gauging station in Eastern Slovakia, and to ascertain if that variability is concurrent with the principle of stationarity. The approach consists of applying the Nonstationary Generalized Extreme Value (NSGEV) distribution for minima to the data and to assess (i) whether there are significant trends or fluctuations in the observed minimum flows, and (ii) if such nonstationarities are related to climate covariates such as the North Atlantic Oscillation (NAO).

Key words: frequency analysis, minimum flow, North Atlantic Oscillation

Introduction

Nowadays, there seems to be a consensus among the scientific community that, due to climate change, there is an intensification of the hydrological cycle (Bates et al, 2008), assumably leading to more frequent and more intensive extreme hydrological phenomena, like floods and droughts. In addition, some climate indexes may show oscillatory behaviour on multi-year and decadal time scales, with inherent consequences to hydrological variables. Milly et al (2008) argue that climate change undermines stationarity – a basic assumption that historically has assisted practice and research in the fields of hydrology and water resources management. Clarke (2007) contends that the previous four decades have been a period of growing understanding of what happens to rain when it reaches the catchment surface and argues that the next few decades should see an emphasis on the clarification of processes causing climate change and intensification of variability, not only for the purpose of forecasting the development of such change, but also for predicting the frequency of occurrence of events of a certain magnitude. In this context, if hydrological time series data that supports the planning and management of water resources systems show significant signs of nonstationarity, the mathematical formalism of the statistical models commonly used for hydrological frequency analysis should be reviewed in order to account for the nonstationary behaviour of the variables.

The frequency analysis of hydrological extremes has been applied in engineering design almost always under the paradigm of stationarity (Katz, 2010). However, in recent years, studies on the nonstationarity of hydrological extremes have become a topic of high scientific interest.

In this paper, the Nonstationary Generalized Extreme Value (NSGEV) distribution for minima is used to model the annual minimum 7-day flows, X_{m7d}, from a gauging station in Eastern Slovakia, following the methods proposed by Coles (2001). In this model, the parameters of the distribution are allowed to vary in time as functions of a covariate. Also the significance of the relationship between the extreme value data and the potential covariate can be evaluated via likelihood ratio tests (LRT) and the Akaike Information Criterion (AIC).

Methods

The Generalized Extreme Value (GEV) distribution is commonly applied in Water Resources Engineering to model annual maxima of hydrological variables, such as daily streamflows or daily rainfalls. Justification for the use of the GEV is given in extreme value theory (EVT): the first theorem of EVT, i.e., the Fisher-Tippet-Gnedenko theorem (Fisher and Tippet, 1928; Gnedenko, 1943), according to which the limiting distribution of the annual maxima of a random variable is one of the three upper-tail types of a GEV. The GEV has the cumulative distribution function (CDF)

$$F(x) = \begin{cases} \exp\left\{-\left[1-\kappa\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{\frac{1}{\kappa}}\right\} & , \kappa \neq 0 \\ \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right] & , \kappa = 0 \end{cases} \quad (1)$$

where κ is the shape parameter, σ is the scale parameter, and μ is the location parameter. The GEV reduces to the Gumbel distribution as a special case ($\kappa = 0$).

Some applications regarding hydrological extremes require models for extremely small observations, rather than extremely large observations. For example: in Low Flow Frequency Analysis (LFFA) the variable of interest may be the minimum annual streamflow with certain durations (usually 7 days). According to Gumbel (1958) the symmetry principle relates the distributions of the maxima and minima. Through that principle, the GEV distribution for minima can be written as (Coles, 2001)

$$H(x) = \begin{cases} 1-\exp\left\{-\left[1+\kappa\left(\frac{x-\tilde{\mu}}{\sigma}\right)\right]^{\frac{1}{\kappa}}\right\} & , \kappa \neq 0 \\ 1-\exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\tilde{\mu}}{\sigma}\right)\right] & , \kappa = 0 \end{cases} \quad (2)$$

where $\tilde{\mu} = -\mu$.

When modelling annual minimum values, the GEV for minima can be applied directly. Alternatively, the duality between the distributions for maxima and minima can be exploited by fitting the GEV distribution for maxima with parameters (μ,σ,κ) to the symmetric minima sample ($-X$), since those parameters correspond exactly to those of the GEV form minima, apart from the sign correction $\tilde{\mu} = -\mu$.

Coles (2001) introduced the Nonstationary Generalized Extreme Value distribution (NSGEV), in which the parameters of the GEV are allowed to vary in time as functions of a covariate. For example: a linear link function can be applied to the location parameter μ, $\mu(z) = \mu_0 + \mu_1 z$, where z is the covariate. The same rationale can be applied to the GEV for minima via the symmetry principle. The parameters can be estimated via maximum likelihood using the package **ismev** (Coles and Stephenson, 2006) in R (R Core Team, 2013), following the methods described in Coles (2001).

Data

To analyze the variability of the minimum daily flows and to ascertain if that variability is concurrent with the principle of stationarity, the annual minimum 7-day streamflows, X_{m7d}, at the gauging station of Jaklovce were adopted. The sample of X_{m7d} was obtained from the daily flow series from 1938/39 to 2008/2009 (hydrological years, which in Slovakia start November 1st). The gauging station Jaklovce is located in stream Hnilec, right tributary of Hornád, in the eastern part of Slovakia. Altitude of the gauging station is 340 m asl., latitude is 48°52'25.60" longitude is 20°59'33.41". Watershed area is 606.32 km^2.

The North Atlantic Oscillation (NAO) is a prominent and recurrent pattern in climate variability in the Northern Hemisphere, with a significant impact on European climate, especially during winter. The NAO consists of a redistribution of atmospheric masses between the Arctic and the subtropical Atlantic (Hurrel et al, 2003).

Winter NAO data was used as a covariate for the nonstationary modeling of the annual minimum 7-day streamflows, X_{m7d}, in the studied watershed. The utilized NAO data consists of the Iceland-Gibraltar index developed by the Climate Research Unit (Jones et al, 1997; http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao/), based on instrumental pressure measurements in Gribraltar and SW Iceland back to 1821. Also, the winter season has been defined as November to March (NDJFM), although other definitions of the winter season could also be used (Osborn et al, 1999).
Fig.1 shows the time series of the utilized streamflow and NAO data.

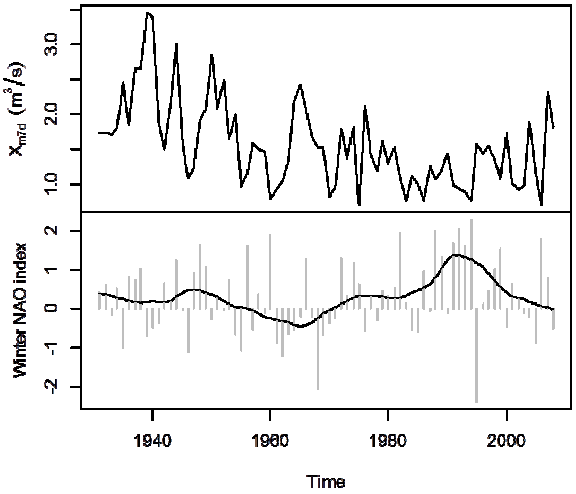


Figure 1 – Time series of 1938/39 to 2008/2009: the annual minimum 7-day streamflows, X_{m7d}, (top); the winter NAO index with smoothing LOWESS curve (bottom).

Application

Stationary model

We define Model 0 (M0) as the stationary GEV for minima fitted to the observed values of X_{m7d} in the studied watershed. The parameters, estimated by maximum likelihood, are presented in Table 1, along with the standard errors of the estimates. In Fig. 2, the stationary model is compared against the observed X_{m7d} sample. It is apparent that the model provides an appropriate representation of the data.

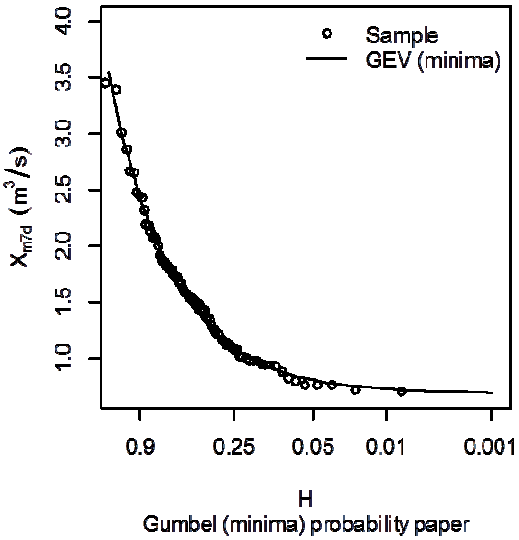


Figure 2 – X_{m7d} sample and fitted stationary GEV distribution for minima. Model 0 (M0).

Nonstationary models

In Model 1 (M1), the location parameter $\tilde{\mu}$, indicative of the mean, is allowed to vary in time, following a linear link function using the winter NAO (NDJFM), z, index as a covariate

$$\tilde{\mu}(z) = \tilde{\mu}_0 + \tilde{\mu}_1 \, z \qquad (3)$$

The relative performance of the models was evaluated by the Akaike Information Criterion (Akaike, 1974), given by

$$\mathrm{AIC} = 2k - 2\ell(\hat{\boldsymbol{\theta}}) \qquad (4)$$

where k is the number of parameters and $\ell(\hat{\boldsymbol{\theta}})$ is the log-likelihood function at the point of maximum likelihood. The model that minimized the AIC is the one with the best performance.

Since we are dealing with nested models, i.e., one model (M1) reduces to the other (M0) when certain parameters are fixed ($\tilde{\mu}_1 = 0$), an asymptotic likelihood ratio test (LRT) may be applied to compare the fit of the two models (Coles, 2001, p. 35). Table 1 shows a p-value of an LRT where the null model is Model 0 and the alternative is Model 1 that suggests that the stationarity assumption should be rejected at the 5% significance level (as $0.0252 < 0.0500$), in favor of the linear dependence between the location parameter and NAO. That table also shows that $\mathrm{AIC}_{M0} > \mathrm{AIC}_{M1}$. The aforementioned results lead us to conclude that there is a statistically significant relationship between the mean of X_{m7d} and the winter NAO of the same hydrologic year.

Fig. 3 shows the observed annual minimum 7-day streamflow and the extreme quantiles with a non-exceedance probability, H, of 0.50, 0.25, and 0.01, as a function of the winter NAO index, z.

Table 1 – Parameter estimates and standard (st.) errors for the fitted models; maximized log-likelihood and p-value comparing a model (alternate) with the one (null) immediately above; AIC.

Model	**Parameter estimate (st. error)**	**Max. log-likelihood**	**p-value**	**AIC**
Model 0 (stationary)				
$\tilde{\mu}$	1.6609 (0.0837)	-62.37		130.7
σ	0.6870 (0.0732)			
κ	0.7079 (0.0849)			
Model 1 ($\tilde{\mu}$ link)				

$\tilde{\mu}_0$	1.6725 (0.0832)	-59.87	0.0252	127.7
$\tilde{\mu}_1$	-0.0869 (0.0382)			
σ	0.6794 (0.0745)			
κ	0.7444 (0.0851)			
Model 2 ($\tilde{\mu}$ link + σ log-link)				
$\tilde{\mu}_0$	1.6873 (0.0904)	-59.73	0.6009	129.6
$\tilde{\mu}_1$	-0.1302 (0.0912)			
σ_0	-0.3772 (0.1102)			
σ_1	-0.0589 (0.1132)			
κ	0.7351 (0.0897)			

In Model 2 (M2), a log-linear link with the winter NAO was introduced in the scale parameter, which is indicative of the variance, according to

$$\log \sigma(z) = \sigma_0 + \sigma_1 z \quad (5)$$

The shape parameter, κ, was kept constant as extreme value shape parameters are difficult to estimate with precision and it is usually unrealistic to allow them to vary with time (Coles, 2001, p. 106). Table 1 shows the p-value (0.6009) of an LRT where the alternative model is M2, which determines that the stationarity of the scale parameter should not be rejected at the 5% significance level. Furthermore, that Table shows that $AIC_{M2} > AIC_{M1}$. The previous results suggest that M2 is not an improvement over M1, and that the variance of X_{m7d} does not vary as a function of the winter NAO.

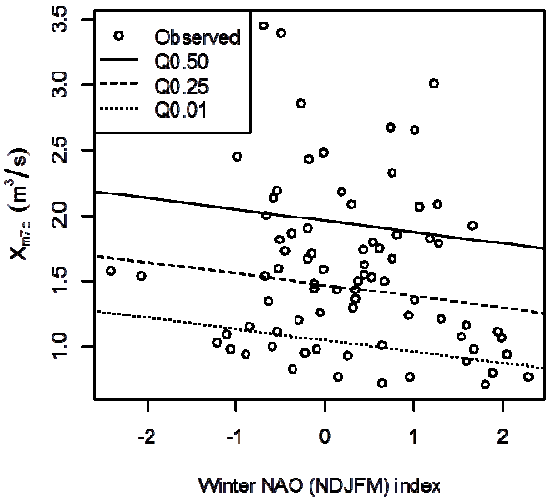


Figure 3 – Annual minimum 7-day streamflows plotted against the corresponding winter NAO index; estimated quantiles of Model 1 for 3 non-exceedance probabilities.

Conclusions

In this paper, the NSGEV model (Coles, 2001) for minima was applied to annual minimum 7-day streamflow data from a gauging station in Slovakia. It was found that the location parameter, $\tilde{\mu}$, shows a significant linear relationship with the winter NAO index of the same hydrologic year, however no significant link was found regarding the scale parameter, σ. The significance of the relationship was evaluated by likelihood ratio tests (LRT) and the Akaike information criterion (AIC). Since the methods were applied to a single case study, the conclusions should not be generalized for Slovakia. Further research is needed in order to assess significant relationships between climate and low flows in the region.

Acknowledgments
The research was financed by the Fundação para a Ciência e Tecnologia, FCT, by through the project Proc. 441.00 Eslováquia (Transnational Cooperation. Scientific Cooperation Agreement between Portugal and Slovakia) - SRDA SK-PT-0001-012.

References
Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., and Palutikof, J., 2008. Climate change and water, Tech. rep., Intergovernmental Panel on Climate Change.
Clarke, R. T., 2007. Hydrological prediction in a non-stationary world, Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 408-414, doi:10.5194/hess-11-408-2007
Coles, S., 2001. *An introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*, Springer Netherlands.
Coles, S., and Stephenson, A. (2006). Ismev: an introduction to statistical modeling of extreme values. *Original S functions by Stuart Coles and R port and R documentation files by Alec Stephenson*.
Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G., & Visbeck, M. 2003. The North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact (Vol. 134, pp. 1-279). American Geophysical Union.
Jones, P. D., Jonsson, T., & Wheeler, D. 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland. International Journal of Climatology, 17(13), 1433-1450.
Katz, R. W. 2013. Statistical methods for nonstationary extremes. In *Extremes in a Changing Climate* (pp. 15-37). Springer Netherlands.
Milly, P., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R., Kundzewicz, Z., Lettenmaier, D., and Stouffer, R., 2008. Stationarity Is Dead: Whither Water Management?, Science, 319, 573–574.
Osborn, T. J., Briffa, K. R., Tett, S. F., Jones, P. D., & Trigo, R. M. 1999. Evaluation of the North Atlantic Oscillation as simulated by a coupled climate model. Climate Dynamics, 15(9), 685-702.
R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

METHOD AND PRESENT SITUATION OF THE IMPLEMENTATION OF FLOOD RISK DIRECTIVE IN HUNGARY

Mr András Horkai, Expert, horkaicsalad@gmail.com

Mr Ferenc Szigeti, GIS Expert, OVF

Abstract

The presentation shows the method to be used for the flood hazard and risk mapping and strategic planning in Hungary. The hazard mapping was executed by different methodologies for floodplains of protected and unprotected rivers, for open floodplains of streams and also for inland water access water inundation. The main specific item introduced is that the different resistance of the dikes are considered by predicting the damage probability. The work is supported by the developed GIS system on a structured and unified database (called AKIR).

The lecture is about to present the IT and data collection works carried out as a preparation of mapping and planning as well as basic assessments.

Key words

Inundation, flood risk, flood hazard, remote sensing, river bed survey, DTM

Bibliography

1. DETERMINING THE FORMAL AND CONTEXTUAL REQUIREMENTS OF FLOOD RISK AND HAZARD MAPPING, FOUNDING THE IMPLEMENTATION AND DEVELOPING ITS TOOLS – title of „KEOP" project, metological summary, 2010., beneficiary: OVF (General Directorate of Water Management), 12 VIZIG (Local Water Directorates), main partners: VITUKI (Enviroment Protection and Water Researce Institute), BMGE (Budapest University of Technology and Economics) , ESRI Hungary, KSZI Ltd., Dr. Nagy L. (prof. of BMGE), Project Manager: Horkai A.
2. Preparation of flood risk mapping and strategical risk plan. Detailes fisibility study, December 2010, Bru Ltd.
3. PREPARATION OF INUNDATION HAZARD MAP ON RIVER LAJTA OF THE HUNGARIAN SIDE, ACCORDING TO THE METHOLOGY OF CONSORTIUM OF FLOOD RISK (ÁKK), the study was prepared in the frame of CEFRAME project, December 2012., AQUASYS Ltd.
4. The present constructional situation of flood risk management project, its results, GDI Forum 2011., Horkai A.
5. Preparation and elaboration of data of pre-flood risk assessment and hazard risk mapping, GDI Forum 2013, Szigeti F.
6. Flood risk management – a new planning technology, GDI Forum 2013, Horkai A.

K možnosti regionalizácie odhadu objemu povodňového odtoku na malých povodiach s využitím metódy čísel odtokových kriviek: prípadová štúdia Gidra

Spál, P., Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, spal@vuvh.sk
Szolgay, J., Stavebná fakulta STU, Bratislava, jan.szolgay@stuba.sk

Pre korektný návrh retenčných priestorov pre potreby protipovodňovej ochrany je kľúčové najmä správne zvoliť a použiť návrhové hydrologické veličiny, obzvlášť návrhovú prietokovú vlnu, ktorá je v systéme návrhových veličín najslabšie preskúmaná hodnota. Na jej stanovenie bolo na povodiach s odlišnými odtokovými charakteristikami vytvorených mnoho rôznych metód a postupov, ktoré boli vyvinuté v rôznych fyzicko-geografických a socio-ekonomických podmienkach. Jednou z takýchto dnes často používaných metód je aj metóda čísel odtokových kriviek (SCS CN), ktorá sa, najmä pre svoju jednoduchosť a dostupnosť vstupných údajov, stáva čoraz viac populárnejšou na výpočet návrhových prietokových vĺn. Metóda je často krát preberaná v tvare ako bola pôvodne vyvinutá v podmienkach povodí v USA, bez dostatočného overenia jej funkčnosti na reálnych dátach a následného prispôsobenia na konkrétne odtokové podmienky záujmového územia. V príspevku sa preto zaoberáme možnosťami regionalizácie metódy SCS CN na odhad objemu odtoku prietokových vĺn v malých povodiach Malých Karpát, kde poukazujeme na citlivosť voľby vhodnej odtokovej krivky na výsledné objemy odtoku návrhovej prietokovej vlny.

Kľúčové slová: objem odtoku prietokovej vlny, metóda SCS CN, odtokové krivky, návrhová prietoková vlna

Úvod

Pri návrhu, ako aj pri posúdení retenčných priestorov protipovodňových opatrení a vodohospodárskych objektov či zariadení, je dôležité stanovenie objemu priameho odtoku a tvaru prietokovej vlny, ktorý vyvolá návrhová zrážková udalosť v povodí. Najmä v malých povodiach bez priamych pozorovaní odtoku je zložité stanoviť ich návrhovú hydrologickú odozvu, ktorá je závislá aj od stavu a spôsobu využitia krajiny. Pre tento účel je v inžinierskej praxi pomerne často využívaná metóda čísel odtokových kriviek (SCS CN), ktorá je veľmi populárna najmä pre pomerne ľahko dostupné vstupné údaje, keďže hodnota CN reprezentuje kombináciu dostupných faktorov akými sú hydrologické typy pôd, kategórie využitia krajiny a predchádzajúce vlahové podmienky.

Metóda SCS CN bola vyvinutá v USA službou pre ochranu pôd (Soil Conservation Service) pre malé povodia v 50. rokoch minulého storočia. Od svojho vzniku v roku 1954 prešla niekoľkými aktualizáciami a v súčasnosti je popísaná v manuáli s označením NEH/630 (USDA NRCS, 2004). Aj v odbornej literatúre sú popísané pokusy o jej úpravy viacerými modifikáciami, pozri napr. Chow (1964), Ponce (1996), Hawkins a kol. (2008), Soulis a kol. (2007), Banasik (2010) a iný.

V tomto príspevku sme na malokarpatskom toku Gidra skúmali možnosť popísať vzťah medzi príčinnou zrážkou a objemom priameho odtoku (odvodený z dostupných empirických údajov) pomocou tejto metódy, pričom sme sa pokúsili metódu modifikovať pre lokálne podmienky tvorby odtoku tým, že pôvodný vzťah (tvorba odtoku podľa pôvodného postupu uvedeného v USDA NRCS, 2004) bol doplnený o empiricky odvodené nové odtokové krivky. Navrhnutá metóda je vhodná pre regionalizáciu odtokových kriviek pre dané lokálne podmienky za predpokladu, že v danom regióne sú k dispozícii údaje o zrážkovo-odtokovom procese s dostatočne jemným časovým a priestorovým rozlíšením.

Metóda čísel odtokových kriviek (SCS CN)

Metóda je určená predovšetkým na odhad výšky priameho odtoku z dažďových zrážok na malých povodiach, na ktorých nie sú dostupné hydrologické pozorovania. Objem zrážok, ktorý spadne na záujmové povodie, je transformovaný na objem priameho odtoku pomocou odtokových kriviek, ktoré predstavujú retenčnú a transformačnú schopnosť povodia. Metóda SCS CN priamo zohľadňuje závislosť retencie povodia od:

- hydrologických vlastností pôd,
- počiatočného stavu nasýtenia pôd,
- spôsobu využívania pôdy (druh poľnohospodárskych plodín, druh porastu, charakter zastavaných a spevnených plôch a spôsob obrábania pôd),
- hydrologických podmienok (ovplyvnenie infiltrácie vegetačným pokryvom).

Výška priameho odtoku podľa metódy SCN CN sa stanovuje nasledovne (USDA NRCS, 2004):

$$O = \frac{(P - \lambda \cdot S)^2}{P - S(\lambda - 1)} \qquad (1)$$

kde ***O*** je výška priameho odtoku [mm], ***P*** je výška zrážky [mm], ***S*** je potenciálna retencia povodia [mm], ***λ*** je súčiniteľ počiatočnej straty [-].
Potenciálna retencia (S) sa počíta pomocou čísiel odtokových kriviek podľa rovnice:

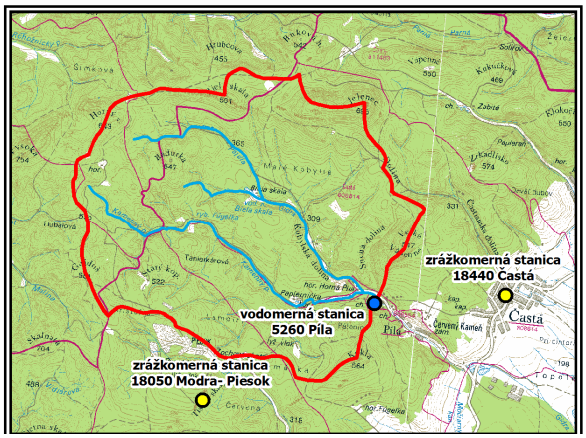
$$S = 25{,}4 \cdot \left[\frac{1000}{CN} - 10 \right] \qquad (2)$$

kde ***CN*** [-] je hodnota odtokovej krivky.

Priamy odtok je nulový, ak je výška zrážky menšia ako súčin potenciálnej retencie a počiatočnej straty. Počiatočný stav nasýtenia pôdy ovplyvňuje hodnoty potenciálnej retencie a taktiež aj určenie CN hodnôt. Odvodenie hodnôt CN pre rôzne počiatočné stavy nasýtenosti povodia (metóda rozlišuje 3 stavy reprezentujúce predchádzajúce vlahové podmienky – PVP), je možné určiť z nomogramu alebo analyticky podľa vzťahov, ktoré sú uvedené napr. v USDA NRCS (2004).

Popis záujmového povodia

Tok **Gidra** odvádza vodu zo severne susediacej doliny Vištuckého potoka. Pramení a preteká lesom (približne 90% listnaté lesy) a viacerými rekreačnými oblasťami (približne 7% krovín, trávne areály). Nad obcou Píla priberá pravostranný Kamenný potok. Plocha povodia po vodomernú stanicu Píla je 32,95 km^2. Priemerný sklon toku je približne 5,4%.



Obr. 1 Situácia povodia Gidry

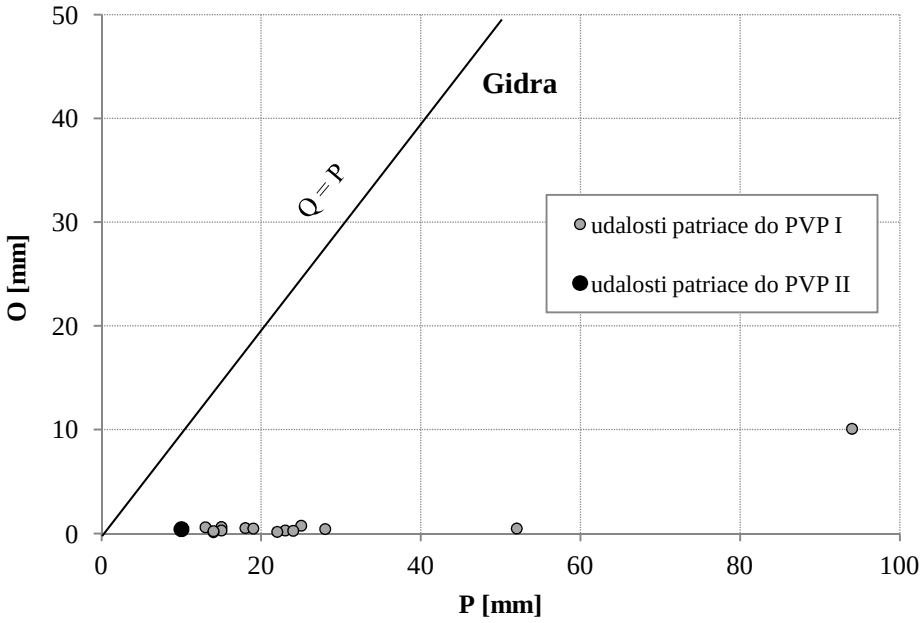
Použité empirické údaje

Pre potreby analýzy zrážkovo-odtokového procesu v záujmovom povodí bolo potrebné vybrať významné zrážkové udalosti vo vegetačnom období a k nim prislúchajúce odtokové epizódy. V povodí Gidry boli použité údaje o zrážkových úhrnoch a k nim prislúchajúce údaje o prietokoch z obdobia rokov 2005-2009 (v hodinovom kroku). Pri výbere empirických údajov sme sa zamerali hlavne na zrážkové úhrny udalostí, ktoré trvali maximálne 1 deň, a ktoré vyvolali prietokovú vlnu vo zvolenom profile.

Stanovenie vzťahu medzi zrážkou a priamym odtokom z empirických udalostí

Na stanovenie zrážkovo-odtokového vzťahu v povodí bola odvodená závislosť medzi zrážkou a priamym odtokom z dostupných empirických pozorovaní. Úhrn zrážky, ktorý daný priamy odtok vyvolal, bol určený z údajov zo zrážkomerných staníc, ktoré sa vyskytujú v okolí záujmového povodia. Popri selekcii zrážkovo-odtokových epizód boli pre každú epizódu zistené predchádzajúce vlahové podmienky (PVP), prostredníctvom 5-denného predchádzajúceho zrážkového úhrnu, ktorý na základe veľkosti úhrnu klasifikuje 3 triedy vlahových podmienok (podrobnejšie viď USDA NRCS, 2004). Úhrn zrážky, ktorému bol pripísaný príslušný objem priameho odtoku na povodí, bol potom vypočítaný váženým priemerom jednotlivých úhrnov z okolitých staníc, na základe plôch zasahujúcich do záujmového územia (vytvorených pomocou Thiessenových polygónov).

Priamy odtok reálnych z-o epizód bol stanovený pomocou grafickej metódy separácie prietokovej vlny (podrobnejšie viď Dub, Nemec, 1969), pričom objem priameho odtoku jednotlivých vĺn bol prepočítaný plochou záujmového povodia na výšku priameho odtoku v milimetroch. Získané zrážkové úhrny a im odpovedajúce odtokové výšky sú zobrazené na nižšie uvedenom obrázku č. 2. (Pozn. Pre túto prípadovú štúdiu sme v danom povodí mali k dispozícii iba obmedzené množstvo údajov, preto sa v grafickom zobrazení nachádza pomerne málo bodov. Chýbajú najmä údaje z oblasti vyšších zrážkových úhrnov). Z metodického hľadiska však tento fakt výsledky štúdie významne neovplyvnil.



Obr. 2 Vzťah medzi výškou zrážky (P) a výškou priameho odtoku (Q)

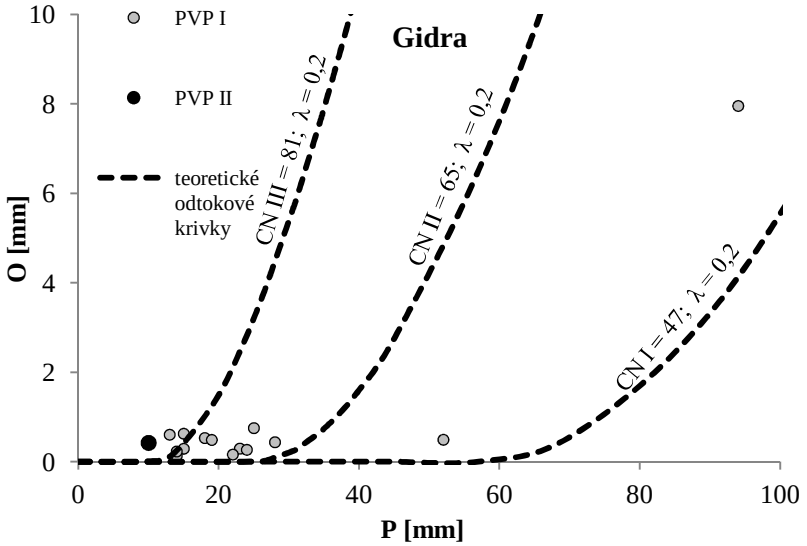
Stanovenie teoretických odtokových kriviek

Pre záujmové povodie bola vytvorená mapa CN pre PVP II, podľa postupu, ktorý je uvedený v príručke NEH/630 (USDA NRCS, 2004). Obdobne tento postup uvádzajú aj napr. Hrádek a Kurík (2004). Z vytvorenej mapy bola následne vypočítaná (váženým priemerom jednotlivých CN hodnôt podľa plôch) priemerná hodnota CN povodia (viď tab.1).

Tab. 1 Tabuľka s priemernými hodnotami CN

Vodný tok	Priemerná hodnota CN na povodí
Gidra	65

Nakoľko priemerná hodnota CN na povodí reprezentuje kategóriu PVP II (t.j. priemerné nasýtenie povodia), podľa postupu uvedeného v USDA NRCS (2004), bola CN hodnota ďalej prepočítaná aj pre kategóriu PVP I a III (stavy reprezentujúce nízku a vysokú nasýtenosť povodia). Následne boli získané hodnoty CN použité na výpočet odtokových kriviek (pre všetky tri stavy nasýtenia povodia), pričom vo výpočte prostredníctvom známeho vzťahu (1) bola uvažovaná konštantná hodnota koeficienta počiatočnej straty λ= 0,2 tak, ako to uvádza pôvodná metodika. Vypočítané teoretické odtokové krivky pre jednotlivé povodia boli následne vložené do už získaných závislostí medzi výškou zrážky a výškou priameho odtoku (viď obr. 3). Pre ľubovoľnú výšku zrážkového úhrnu je potom možné z uvedených odtokových kriviek vypočítať samotnú výšku teoretického priameho odtoku z povodia.



Obr. 3 Vzťah medzi výškou zrážky (P) a výškou priameho odtoku (Q) spolu s teoretickými odtokovými krivkami

Z uvedenej analýzy vyplýva, že podľa pôvodnej metodiky hodnotenia predchádzajúcich vlahových podmienok (viď napr. USDA NRCS, 2004), väčšina udalostí spadá do kategórie PVP I (viď obr. 3). To znamená, že takmer všetky zrážkovo-odtokové udalostí by mala reprezentovať odtoková krivka vypočítaná z hodnoty CN I pre málo nasýtené povodie (PVP I) a konštantného koeficientu počiatočnej straty (λ=0,2). Z výsledných obrázkov je však zrejmé, že empiricky získané hodnoty sa nachádzajú v celom spektre medzi odtokovými krivkami kategórie PVP I až PVP III.

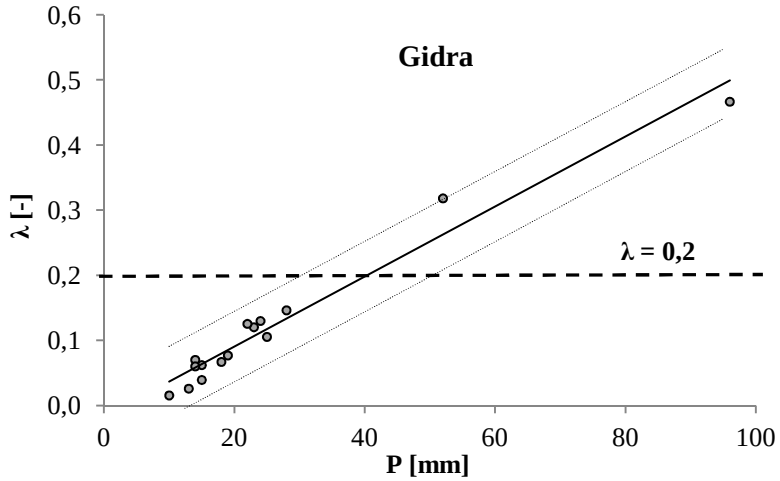
Ďalej z toho vyplýva, že pri použití odtokovej krivky kategórie PVP I by sa na záujmovom povodí netvoril žiadny priamy odtok zo zrážkového úhrnu do približne 60 mm. To znamená, že aj pri simulácii zrážkovo-odtokového procesu modelom, a s použitím pôvodnej verzie metódy SCS CN, by zo zrážkových udalostí do tejto hranice nebol vypočítaný žiadny priamy odtok.

Stanovenie empiricky odvodených odtokových kriviek

Ako vyplýva zo základného vzťahu (1), výška priameho odtoku závisí od: veľkosti zrážkového úhrnu (P), retenčnej schopnosti povodia (S), koeficientu počiatočnej straty (λ). Veľkosť zrážkového úhrnu je jasne daná (buď reálna alebo návrhová hodnota) a retenčná schopnosť povodia je funkciou hodnoty CN (viď vzťah 2). Z toho vyplýva, že ak sú rešpektované podklady a postup pri odvodení hodnoty CN podľa pôvodnej metodiky, je vhodné podrobiť analýze (kalibrácii) koeficient počiatočnej straty (λ), ktorý je v pôvodnej metodike uvažovaný ako konštanta (λ=0,2).

V prvom kroku bola teda výška zrážkového úhrnu a výška priameho odtoku vložená do spomínaného vzťahu (1) a pre známu retenčnú schopnosť povodia (rovnica(2)) bola pre každú zrážkovo-odtokovú udalosť vypočítaná hodnota koeficientu počiatočnej straty.

V ďalšom kroku bola vytvorená závislosť medzi výškou zrážky a vypočítaným koeficientom počiatočnej straty, pre ktorú bola následné vyjadrená lineárnou regresiou. Pre regresnú priamku boli ďalej vypočítané a vykreslené dva pásy spoľahlivosti (tzv. interval spoľahlivosti pre regresnú priamku). Uvedené pásy spoľahlivosti boli určené pre spoľahlivosť 95% (viď obr. 4) (podrobnejší postup ako vytvoriť pásy spoľahlivosti viď napr. v Kalina et al. (2010)).

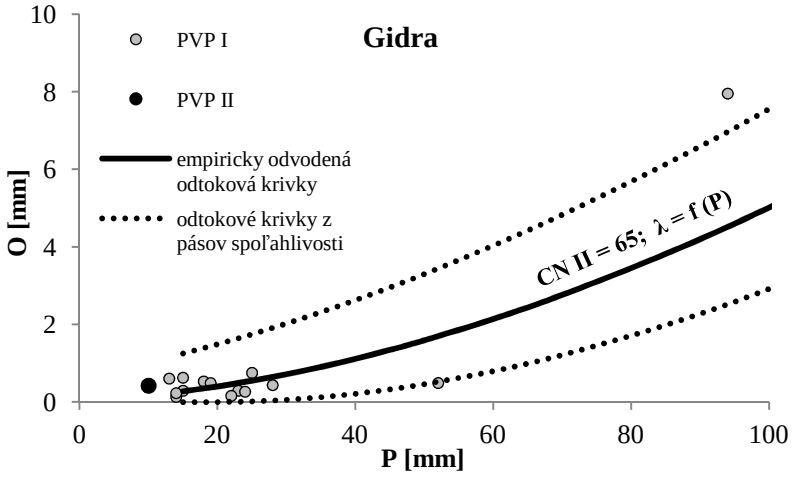


Obr. 4 Vzťah medzi výškou zrážky (P) a koeficientom počiatočnej straty (λ) spolu s lineárnou regresiou a pásmi spoľahlivosti (95%) pre 15 odtokových udalostí

Z uvedených výsledkov vyplýva, že koeficient počiatočnej straty (λ) pri použití na reálnych zrážkovo-odtokových udalostiach bol premenlivý v intervale od 0,05 do 0,5. Možnosť použiť konštantný koeficient pre povodie (λ=0,2) na reprodukovanie skutočných zrážkovo-odtokových udalostí sa nám teda na danom povodí nepotvrdil, čo uvádza aj mnoho iných autorov, ktorí obdobnou analýzou dospeli tiež k rôznym intervalom hodnôt tohto koeficienta. (viď napr. Ponce (1996), Soulis a kol. (2007), Banasik (2010)).

Taktiež sa ukázalo, že s rastúcimi zrážkami rastie aj hodnota koeficienta počiatočnej straty (čo nie je celkom v súlade s bežnými predstavami o vzniku odtoku a dá sa to pripísať zjednodušeniam zavedeným v metóde), a že pri použití konštantnej hodnoty (λ=0,2), má metóda tendenciu pri menších zrážkových úhrnoch priamy odtok podhodnocovať a pri väčších zase nadhodnocovať (viď napr. Kozlovská a Toman (2010), Malý (2010), Spál a Danáčová, (2011, 2012)).

Na základe získanej lineárnej regresie a pásov spoľahlivosti sme následne pre rôzne príčinné zrážky uvažovali s rôznym koeficientom počiatočnej straty a nie s konštantným ako to uvádza pôvodná metodika. Na základe tohto princípu boli nakoniec vytvorené nové odtokové krivky pre záujmové povodia, pričom pri ich výpočte prostredníctvom vzťahu (1) bol použitý premenlivý koeficient počiatočnej straty, odvodený z uvedených lineárnych regresií a pásov spoľahlivosti (viď obr. 5).



Obr. 5 Vzťah medzi výškou zrážky (P) a výškou priameho odtoku (Q) spolu s empiricky odvodenými odtokovými krivkami

Novo získané empiricky odvodené odtokové krivky, v ktorých koeficient počiatočnej straty je funkciou výšky zrážky (λ=f(P)), v porovnaní s teoretickými odtokovými krivkami, kde koeficient nadobúda konštantnú hodnotu (λ=0,2), vykazujú odlišnú strmosť. V oblasti nižších zrážkových úhrnov novo odvodená krivka oproti teoretickej pripúšťa tvorbu priameho odtoku (nie je nulový) a v oblasti vyšších úhrnov naopak priamy odtok oproti teoretickej krivke znižuje. Nové odtokové krivky reprezentujú lokálne podmienky tvorby odtoku a vo výsledku lepšie zohľadňujú rozmiestnenie jednotlivých bodov v grafe, z čoho môžeme predpokladať, že aj pri hydrologickom návrhu protipovodňových retenčných priestorov budú vierohodnejšie reprezentovať zrážkovo-odtokový proces v povodí.

Pôvodné odtokové krivky z kategórie PVP I a PVP III (reprezentujúce suché a nasýtené povodie) v tomto prípade zastupujú odtokové krivky odvodené z konfidenčných pásov spoľahlivosti a reprezentujú akési hraničné odtokové situácie z povodia. Treba však zdôrazniť, že väčší počet vhodných empirických údajov by nám umožnil vierohodnejšie stanoviť vzťah medzi reálnou zrážkou a priamym odtokom, z čoho by vyplývali aj spoľahlivejšie odtokové krivky.

Záver

V predkladanom článku sme sa venovali jednej z najrozšírenejších metodík na určenie priameho odtoku zo zrážok na malých povodiach – metóde čísel odtokových kriviek (SCS CN). Na empirických dátach z povodia Gidry sme poukázali na problematický predpoklad voľby konštantnej hodnoty koeficientu λ, ktorej hodnota má výrazný vplyv na veľkosť objemu priameho odtoku. Zohľadnením vzťahu medzi hodnotou počiatočnej straty a výškou zrážky, resp. optimalizovaním tejto hodnoty by sme sa podľa predloženého postupu mohli lepšie priblížiť ku skutočnej výške priameho odtoku. Avšak netreba zabúdať ani na zohľadnenie stavu nasýtenia povodia a to učením predchádzajúcich vlahových podmienok (zrážkový úhrn za posledných 5 dní).

Z výsledkov vyplýva, že pre rôzne príčinné zrážky by bolo vhodné v aplikáciách uvažovať aj s premenlivým koeficientom počiatočnej straty a nie s konštantným ako to uvádza pôvodná metodika. Môžeme však len konštatovať, že nové empirické odtokové krivky zohľadňujú závislosť priameho odtoku a výšky zrážky pre danú tabuľkovú hodnotu CN a platia pre rozsah hodnôt, z ktorých boli získané. Toto tvrdenie je však potrebné overiť na konkrétnych simuláciách na vybraných zrážkovo-odtokových udalostiach. Premenlivý koeficient počiatočnej straty by bolo vhodné používať aj preto, že použitím konštantnej hodnoty, ako už bolo spomenuté, má metóda SCS CN tendenciu v podmienkach nižších zrážkových úhrnov priamy odtok podhodnocovať a vo vyšších naopak nadhodnocovať. Nadhodnotenie priameho odtoku pri návrhu napr. poldrov a iných protipovodňových opatrení by mohlo mať za dôsledok predimenzovanie týchto opatrení a neefektívne využitie finančných

prostriedkov, podhodnotenie zase nedostatočnú ochrannú funkciu navrhovaného protipovodňového opatrenia.

Metóda si teda vyžaduje zvláštnu pozornosť predovšetkým pri aplikáciách na malých povodiach, z čoho vyplýva odporúčanie regionalizovať hodnoty CN pre konkrétne podmienky hydrologického návrhu. Bez regionalizácie pre konkrétne územia a patričných skúseností s jej používaním môže byť spoľahlivosť metódy SCS-CN obmedzená.

Poďakovanie

Spracovanie štúdie bolo podporené Agentúrou na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory č. APVV 0303-11.

Literatúra

BANASIK, K. (2010): Empirical determination od runoff curve number for small argicultural watershed in Poland, 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, 11p.

HAWKINS R. H. et al. (2008): *Curve Number Hydrology: State of the Practice*, ASCE publications, Reston, VA. S. 112 s.

HRÁDEK, F., KURÍK, P. (2004): *Hydrologie*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 280 s. ISBN 80-213-0950-4.

CHOW, V. T. (1964): *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill, New York.

KALINA, M., BACIGÁL, T., SCHIESSELOVÁ, A. (2010): *Základy pravdepodobnosti a matematickej štatistiky*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave. 2010, 215 s. ISBN 978-80-227-3273-4.

KOZLOVSKÁ, S., TOMAN, F. (2010): Význam indexu předchozích srážek při stanovení kulminačních průtoků metodou CN křivek, In *Konference s mezinárodní účastí: Rizika ve vodním hospodářství 2010.* Sborník příspěvků. Brno. s. 45- 52.ISBN 978-80-7204-703-1.

MALÝ, A., (2010): Porovnání výstupů metody odtokových křivek (SCS-CN) s pozorovanými daty z malých povodí. In *Hydrologické dny 2010. 7. národní konference českých a slovenských hydrologů a vodohospodářů*. Hradec Králové, ČR, 25.- 27.10.2010.

PONCE, V. M., HAWKINS, R. H. (1996): Runoff curve number: Has it reached maturity? In J*ournal of Hydrologic Engineering*, ASCE 1(1), s. 11- 19.

SOULIS, K., DERCAS, N. (2007): Development of a GIS- based spatially distributed continuous hydrological model and its first application, In *Water International.* 32(1), s. 177–192.

SPÁL, P. et al. (2011): K neistotám výpočtu priameho odtoku metódou čísel odtokových kriviek (SCS CN) na príklade povodia Vištuckého potoka. In *Acta hydrologica Slovaca.* Roč. 12, č. 2. s. 368-376. ISSN 1335-6291.

SPÁL, P. et al. (2012): Stanovenie výšky priameho odtoku pomocou metódy SCS-CN v malokarpatskom regióne. In *Acta hydrologica Slovaca.* Roč. 13, č. 1. s. 260- 269. ISSN 1335-6291.

USDA, NRCS. (2004): Estimation od Direct Runoff from Storrm Rainfall. In *National Engineering Handbook, Part 630, Hydrology, Chapter 10.* Natural Resource Conservation Service. Dostupné na: <http:\\www.wcc.nrcs.usda.gov/hydro/hydro-techref-neh-630.html>.

Odvodenie návrhových hodnôt krátkodobých zrážok metódou jednoduchého škálovania na Slovensku

Kohnová, S., Látečková, J.
Katedra vodného hospodárstva krajiny, SvF STU v Bratislave, silvia.kohnova@stuba.sk

Abstrakt

Pre určenie krátkodobých návrhových dažďov v inžinierskej praxi sú potrebné údaje s veľkým časovým rozlíšením za čo najdlhšie obdobie. Takéto údaje sú dostupné z pomerne malého počtu klimatických staníc. Určiť návrhové hodnoty aj pre miesta mimo priameho pozorovania umožňuje napr. metóda jednoduchého škálovania. Cieľom predloženého príspevku preto bolo demonštrovať aplikáciu tejto metódy na určenie návrhových hodnôt intenzít krátkodobých zrážok na miestach bez priamych pozorovaní vo vybraných oblastiach Slovenska.

Kľúčové slová
krátkodobé návrhové dažde, škálovanie zrážok, IDF čiary

Úvod

V praxi sú bežne dostupné informácie o denných úhrnoch zrážok, avšak pre vodohospodársku prax sú často potrebné návrhové úhrny zrážok za kratšie časové obdobie (hodinové a minútové úhrny zrážok). Na odvodenie úhrnov zrážok kratšieho trvania môžeme s výhodou použiť matematicko - štatistickú metódu jednoduchého škálovania zrážok.

Intenzitami zrážok, spracovaním intenzít a zrážok a vzájomným vzťahom medzi intenzitou zrážok, trvaním zrážok a periodicitou sa venovali mnohí autori už začiatkom 20. storočia (pozri napr. Lindley, 1911; Bernard, 1932; Alexejev, 1940). V zahraničí boli problematike analýzy mimoriadnych úhrnov zrážok venované mnohé národné projekty a regionálne štúdie, napr. vo Veľkej Británii (Flood Estimation Handbook; FEH, 1999), v Nemecku (vedecko - výskumný program Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen - KOSTRA, Malitz, 1999; Malitz a Ertel, 2001), v Taliansku (projekt VAPI - Valutazione delle Plene, Ferrari, 1994). Výsledky týchto štúdií boli zverejnené príručkách, publikáciách a sú používané dodnes vo vodohospodárskej praxi. Štúdia autorského kolektívu Koutsoyiannis et al. v roku 1998 popísala základný princíp IDF vzťahov a stala sa podkladom pre ďalší výskum a tiež teoretickým základom škálovania zrážok.

Na Slovensku sa spracovaním ombrografických záznamov a stanovením čiar intenzít návrhových zrážok zaoberalo v minulosti viacero autorov. Medzi prvých patril Dub (1950), ktorý spracoval záznamy z 10 zrážkomerných staníc z celého územia Slovenska a zároveň určil vzťah pre nepriame odvodzovanie zrážkových intenzít pre všetky lokality na Slovensku. V sedemdesiatych rokoch Šamaj a Valovič (1973) zostrojili čiary intenzít pre rôzne pravdepodobnosti výskytu a trvanie (Zborník prác SHMÚ č. 5, 1973), na ktoré nadviazali práce Urcikána a Horváta (1979), ktoré sú doteraz využívané pre dimenzovanie stokových sietí na Slovensku.

Metódami odhadu návrhových zrážok na Slovensku sa v súčasnosti zaoberá viacero autorských kolektívov: napr. Gaál a kol. (2004) spracovali viacdenné úhrny zrážok na Slovensku. Kohnová a kol. (2007) porovnávali rôzne mapovacie prístupy za účelom odhadu maximálnych denných úhrnov zrážok v povodí horného Hrona. Spracovaniu mimoriadnych úhrnov zrážok venujú viacerí autori ako napr. Faško a Šťastný (2004), Pecho a kol. (2006, 2010). Na Katedre vodného hospodárstva krajiny SvF STU Bratislava sa kolektív autorov posledných desať rokov venuje spracovaniu intenzít zrážok, resp. špecifických výdatností dažďa na Slovensku, pričom výsledky ich práce boli zhrnuté napr. v monografii Bara a kol. (2010).

Škálovanie zrážok

Na základe empirických dôkazov náhodná premenná I_d má nasledovnú škálovaciu vlastnosť (napr. Burlando & Rosso, 1996; Menabde a kol., 1999; Yu a kol., 2004):

$$I_d \overset{dist}{=} \lambda^{-\beta} I_{\lambda d} \overset{dist}{,} \quad (1)$$

kde rovnosť $\overset{dist}{=}$ je chápaná v zmysle rovnosti pravdepodobnostných rozdelení, pričom β predstavuje škálovací exponent a λ je škálovací parameter. λ je násobiteľ na premenenie doby trvania d na λd hodín. $I_{\lambda d}$ reprezentuje intenzitu zrážok pre trvanie λd hodín (t.j. λ hodín) (Yu a kol., 2004). $\lambda = D/d$, pričom d je trvanie zrážok pre jednotku času so známou intenzitou zrážok (najčastejšie 1 deň) a D je trvanie zrážok pre zvolenú časovú jednotku (t.j. λd hodín) (Menabde a kol., 1999). Táto vlastnosť je obvykle označovaná ako „jednoduché škálovanie v prísnom slova zmysle“ (*simple scaling in the strict sense*) (Gupta & Waymire, 1990).

Ak $I_{\lambda d}$ má konečné momenty $E[I_{\lambda d}^n]$ n-tého rádu, tak jednoduché škálovanie vyjadrené v (1) predpokladá, že $I_{\lambda d}^n$ a $(\lambda^\beta I_d)^n$ majú rovnaké rozdelenie pravdepodobnosti, teda majú aj rovnaké momenty. Upravením obidvoch strán rovnice (1) získame vzťah medzi n-tými momentmi (Menabde et al., 1999; Yu a kol., 2004):

$$E\left[I_{\lambda d}^n\right] = \lambda^{\beta_n} E\left[I_d^n\right], \quad (3)$$

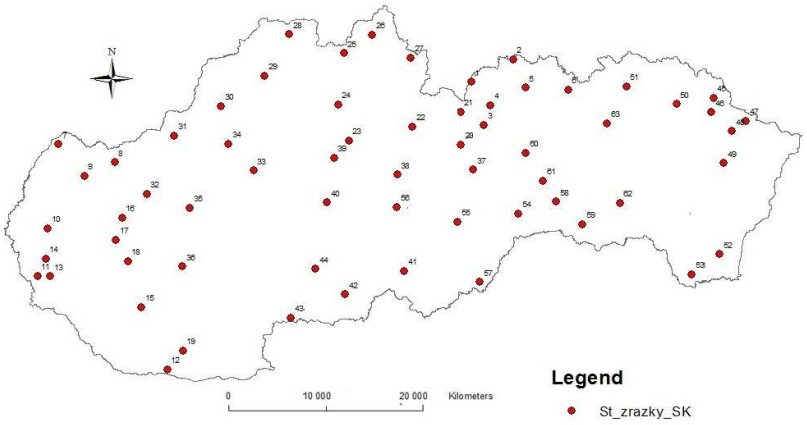
Aby sme získali hodnotu β_n, rovnicu (3.3) zlogaritmujeme:

$$\log E\left[I_{\lambda d}^n\right] = \log E\left[I_d^n\right] + \beta_n \log \lambda \quad . \quad (4)$$

Škálovací exponent β_n môžeme odhadnúť pomocou lineárnej regresie zo sklonu medzi zlogaritmovanými hodnotami momentov ($\log E[I_{\lambda d}^n]$) a škálovacích parametrov ($\log\lambda$) pre rôzne rády momentov (n). Ak medzi škálovacím exponentom a rádom momentu existuje lineárna závislosť, tak $\beta_n = n\beta_1$, kde β_1 je škálovací exponent prvého rádu. Táto vlastnosť je označovaná ako „jednoduché škálovanie v širšom zmysle“ (*wide sense simple scaling*).

Vstupné údaje

Vstupné údaje pre účely riešenia tejto práce dáta boli poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom v Bratislave. Pozorovací rad na zrážkomerných staniciach bol v rozsahu od 10 do 44 rokov v závislosti od zrážkomernej stanice. Sieť zrážkomerných staníc bola zložená tak, aby pokrývala celé územie Slovenska (obr. 1). Poradové čísla zrážkomerných staníc na obr. 1 boli priradené na základe rastúceho indikatívu stanice. Pre použitie metódy jednoduchého škálovania zrážok boli spracované maximálne mesačné intenzity zrážok odvodené z minútových záznamov úhrnov zrážok.



Obr. 1 Mapa lokalizácie použitých zrážkomerných staníc.

1.Javorina, 2. Červený Kláštor, 3.Poprad, 4. Tatranská Lomnica, 5. Podolínec, 6. Plaveč nad Popradom, 7. Holíč, 8. Myjava, 9. Senica, 10. Kuchyňa - Nový Dvor, 11. Bratislava – Koliba, 12. Komárno, 13. Bratislava – letisko, 14. Malý Javorník, 15. Žiharec, 16. Jaslovské Bohunice, 17. Trnava, 18. Sereď, 19. Hurbanovo, 20. Liptovská Teplička, 21. Štrbské Pleso, 22. Liptovský Hrádok, 23. Liptovská Osada, 24. Ľubochňa, 25. Oravská Lesná, 26. Oravské Veselé, 27. Liesek, 28. Čadca, 29. Dolný Hričov, 30. Beluša, 31. Trenčín – Biskupice, 32. Piešťany, 33. Prievidza, 34. Valaská Belá 35. Topoľčany, 36. Nitra – Veľké Janíkovce, 37. Telgárt, 38. Brezno, 39. Motyčky, 40. Sliač, 41. Boľkovce, 42. Dolné Plachtince, 43. Šahy, 44. Bzovík, 45. Medzilaborce, 46. Čabiny, 47. Osadné, 48. Papín, 49. Kamenica nad Cirochou, 50. Stropkov, 51. Bardejov, 52. Leles, 53. Somotor, 54. Rožňava, 55. Ratková, 56. Lom nad Rimavicou, 57. Číž, 58. Štós – kúpele, 59. Moldava Nad Bodvou, 60. Spišská Nová Ves, 61. Švedlár, 62. Košice, 63. Jakubovany.

Výsledky

Odvodenie škálovacích koeficientov

Škálovacie koeficienty boli na všetkých zrážkomerných staniciach odvodené pre mesačné (apríl a máj), dvojmesačné periódy (jún + júl a august + september) ako aj pre celú teplú sezónu. Voľba delenia teplej sezóny na mesiace jún - júl a august - september bola uskutočnená po konzultácii s odborníkmi v oblasti klimatológie.

Získané mesačné, dvojmesačné a sezónne maximá úhrnov zrážok sme previedli na intenzity, resp. špecifické výdatnosti dažďov pre jednotlivé trvania a následne boli odvodené škálovacie koeficienty špecifických výdatností dažďov. Výsledné škálovacie koeficienty sa vyznačujú veľkou variabilitou medzi stanicami a mesiacmi. Priemerná hodnota škálovacieho koeficienta zo všetkých zrážkomerných staníc v mesiacoch apríl až september vrátane teplej sezóny je 0,692. V priemere sa škálovacie koeficienty pohybujú v rozpätí 0,6582 až 0,7171. Najnižší škálovací koeficient bol odvodený na stanici Javorina, najvyšší škálovací koeficient bol odvodený na stanici Trnava.

Škálovacie koeficienty odvodené na základe mesačnej resp. dvojmesačnej analýzy sú vo väčšine prípadov porovnateľné so škálovacími koeficientmi odhadnutými v rámci celého teplého polroka. Mesiac apríl je veľmi špecifický, preto sa tu často nachádzajú extrémne hodnoty škálovacích koeficientov - minimum a maximum. Príčinou môže byť aj skutočnosť, že ombrografické merania sa väčšinou začínajú neskôr v mesiaci, čiže sa môže stať, že pri analýze nemáme k dispozícii kompletné údaje.

Porovnanie návrhových hodnôt špecifických výdatností dažďa odvodených lokálne metódou jednoduchého škálovania zrážok s lokálnymi odhadmi podľa Šamaja a Valoviča (1973) a Urcikána a Horvátha (1979)

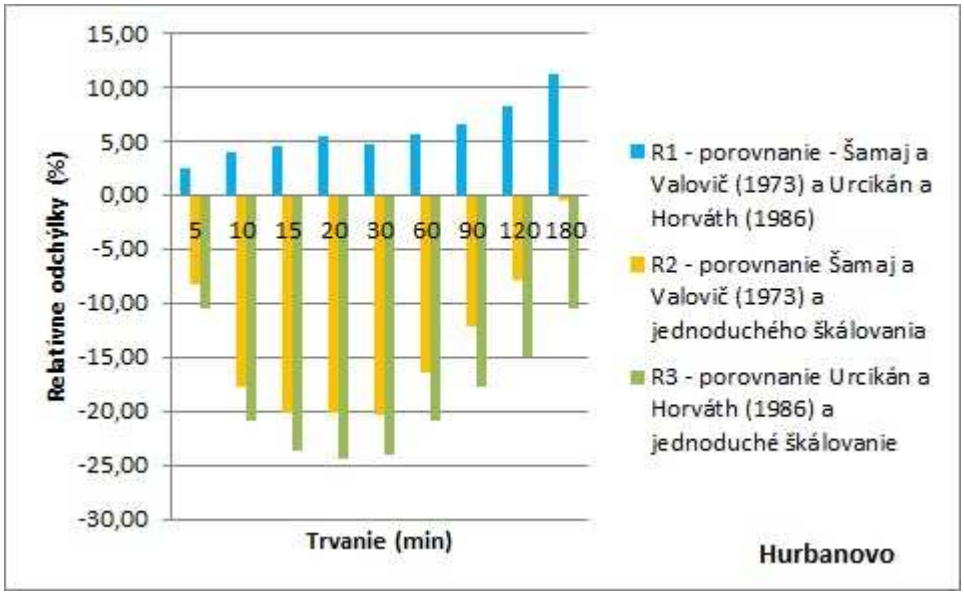
Na základe odvodených škálovacích koeficientov boli odhadnuté návrhové hodnoty špecifických výdatností dažďa pre vybrané periodicity (*p*) a doby opakovania (*N*). Keďže metóda jednoduchého škálovania nie je v praxi na Slovensku používaná, venovali sme sa porovnaniu návrhových hodnôt špecifických výdatností dažďov odvodených metódou jednoduchého škálovania zrážok s návrhovými hodnotami odvodenými Šamajom a Valovičom (1973) a Urcikánom a Horváthom (1979).

Na porovnanie návrhových hodnôt bola použitá relatívna odchýlka RO:

$$RO = \frac{x - y}{y} . 100 \quad ,(\%) \qquad (2)$$

kde:
x - návrhová hodnota špecifických výdatností dažďa odvodená metódou jednoduchého škálovania,
y - referenčná návrhová hodnota odvodená autormi Šamaj a Valovič (1973), alebo Urcikán a Horváth (1979).
Testovalo sa, ako sa odlišujú návrhové hodnoty odvodené Šamajom a Valovičom v porovnaní s návrhovými hodnotami Urcikána a Horvátha (1979) a návrhovými hodnotami odvodenými metódou jednoduchého škálovania zrážok. Analýza bola urobená pre vybraných 19 staníc.

Odvodili sa relatívne odchýlky R1, R2, R3, pričom:
- R1 - porovnanie návrhových hodnôt intenzít zrážok odvodených Urcikánom a Horváthom (1979) s návrhovými hodnotami intenzít zrážok Šamaja a Valoviča (1973),
- R2 - porovnanie návrhových hodnôt intenzít zrážok odvodených metódou jednoduchého škálovania zrážok s návrhovými hodnotami intenzít zrážok Šamaja a Valoviča (1973),
- R3 - porovnanie návrhových hodnôt intenzít zrážok odvodených metódou jednoduchého škálovania zrážok s návrhovými hodnotami intenzít zrážok Urcikána a Horvátha (1979).



Obr. 2 Porovnanie relatívnych odchýliek R1, R2 a R3 na stanici Hurbanovo v teplej sezóne.

Priebehy hodnôt relatívnych odchýliek v analyzovaných staniciach pre trvania 5 minút až 180 min. môžeme rozdeliť do troch skupín. Prvú skupinu tvoria zrážkomerné stanice, kde sú relatívne odchýlky R1 kladné a relatívne odchýlky R2 záporné, pričom svoje maximum dosahujú pri trvaní 20 až 60 minút a od tohto trvania sa opätovne začínajú približovať k hodnotám Šamaja a Valoviča. Tejto skupine zodpovedá i stanica Hurbanovo, kde na obr.2 je znázornený priebeh relatívnych odchýliek návrhových daždov pre periodicitu P 0,05. Druhú skupinu tvoria zrážkomerné stanice, kde relatívne odchýlky R1 a R2 sú kladné do trvania 30-60 minút, pričom od tohto trvania nadobúdajú klesajúci charakter. Poslednú skupinu tvoria zrážkomerné stanice, kde majú relatívne odchýlky R1 a R2 sú kladné, pričom najnižší rozdiel medzi návrhovými hodnotami je dosiahnutý pri trvaniach 30-60 minút.

Na väčšine zrážkomerných staníc je rozdiel medzi návrhovými hodnotami Šamaja a Valoviča (1973) a Urcikána a Horvátha (1986) minimálny. Najvyššie rozdiely (76 %) boli dosiahnuté na stanici Poprad a najnižšie rozdiely (-4,5%) boli dosiahnuté na zrážkomernej stanici Trnava. Pri porovnaní návrhových hodnôt odvodených metódou jednoduchého škálovania a návrhových hodnôt Šamaja a Valoviča (1973) je vidieť, že návrhové hodnoty odvodené metódou jednoduchého škálovania sú vo väčšine prípadov nižšie.

Záver

Cieľom štúdie bolo aplikovať metódu jednoduchého škálovania zrážok za účelom spracovania krátkodobých špecifických výdatností dažďov v jednotlivých mesiacoch teplého polroka ako i v celom teplom polroku na 63 zrážkomerných staniciach na území Slovenska. Pozorované rady úhrnov zrážok na štyroch zrážkomerných staniciach (Hurbanovo, Liptovský Hrádok, Štrbské Pleso a Košice) boli v rozsahu rokov 1960 - 2005 a na zvyšných zrážkomerných staniciach sa obdobie rokov pozorovaní pohybovalo v rozmedzí rokov 1996 - 2008. Odvodeniu škálovacieho koeficienta predchádzalo spracovanie vstupných údajov. Následne boli pre všetky zrážkomerné stanice stanovené škálovacie koeficienty špecifických výdatností dažďov pre mesiace apríl a máj ako i celú teplú sezónu samostatne a pre mesiace jún a júl ako i pre august a september spoločne.

Na základe odvodených škálovacích koeficientov boli z denných maximálnych úhrnov zrážok odhadnuté návrhové hodnoty špecifických výdatností dažďov so zvolenou dobou opakovania (N = 20 a N = 50 rokov) pre trvania 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120, 180 min. na zvolených zrážkomerných staniciach. Tieto doby opakovania boli vybrané z dôvodu počtu rokov pozorovaní, ktoré boli uvedené pri analýze vstupných údajov na zrážkomerných staniciach. Návrhové hodnoty špecifických

výdatností dažďov odvodené metódou jednoduchého škálovania boli ďalej porovnané s referenčnými návrhovými hodnotami Šamaja a Valoviča (1973) a možno konštatovať, že návrhové hodnoty odvodené metódou jednoduchého škálovania zrážok sú podhodnotené v porovnaní s návrhovými hodnotami Šamaja a Valoviča (1973).

Z výsledkov vyplýva, že metóda jednoduchého škálovania zrážok je použiteľná v rámci vodohospodárskej praxe v podmienkach Slovenska.

Poďakovanie
Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0015-10 a APVV 0496-10. Autori ďakujú agentúre za podporu výskumu.

Zoznam literatúry

ALEXEJEV, G.A. 1940. Metod ustanovlenija zavisimosati meždu intensivnosťju povtorajemosťju livnej. Trudy NIUGUGMS, 1940, ser.7, vyp.1.
ARONICA, G.T. - FRENI, G. 2005. Uncertainty analysis of the influence of rainfall time resolution in the modelling of urban drainage systems. In Hydrological Processes 19, 1055–1071.
BARA, M. 2010. Analýza intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku. Dizertačná práca, Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. 122 s.
BARA, M. a kol. 2010. Škálovanie intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku. Ostrava : KEY Publishing s.r.o., 2010. 74 s. ISBN 978-80-7418-083-5.
BERNARD, M.M. 1932. Formulas for rainfall intensities of long durations. In Trans ASCE 96. 1996. p. 592-624.
DUB, O. 1950. Hydrologické podklady pre výpočet kanalizačných sietí. In Voda, 1950, vol. 5-6.
FAŠKO, P. - ŠŤASTNÝ, P. 2004 Mimoriadne vysoké úhrny atmosférických zrážok na konci júla 2004 na východnom Slovensku. 12. Posterový deň, UH SAV, Bratislava, 2004.
FAŠKO, P. 2010, osobná konzultácia, 1. júna 2010. Slovenský hydrometeorologický ústav, pavol.fasko@shmu.sk.
FEH (Flood Estimation Handbook). 1999. Volume 1-5. Institute of Hydrology, Wallingford.
FERRARI, E.1994. Regional rainfall and flood frequency analysis in Italy. In International Conference "Development in hydrology of Mountainous Areas", Stará Lesná, Slovakia, September 12-16, 1994, p. 45-52.
GAÁL, L. - LAPIN, M. - FAŠKO, P. 2004. Maximálne viacdenné úhrny zrážok na Slovensku. In Sborník abstraktů – Seminář „Extrémy počasí a podnětbí", Brno, 11. 03. 2004 [CD-ROM]. Brno : Česká bioklimatologická společnost, 2004, 15 p. ISBN 80-86690-12-1.
KOHNOVÁ, S. a kol. 2007. Regionálne metódy výpočtu návrhových prietokov a zrážok pre dimenzovanie vodohospodárskych stavieb. ESF Projekt celoživotného vzdelávania v stavebníctve a geodézii [CD-ROM]. Bratislava, KVHK, SvF, STU, 2007, 124 p.
KOUTSOYIANNIS, D. - KOZONIS, D. - MANETAS, A. 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity – duration - frequency relationships. In Journal of Hydrology, 1998, vol. 206, p. 118-135.
LAPIN, M. 2010, Osobná konzultácia, 3. júna 2010, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, lapin@fmph.uniba.sk.
LINDLEY, H.W. 1911. Entwässerung des Stadt Lodź. Frankfurt. Citované z ŠOLTÉSZ, J. 1967. Vybrané state z hydromeliorácií. 2. vydanie. Bratislava : Slovenská Vysoká Škola Technická v Bratislave, 1967. 123 s.
MALITZ, G. 1999. Starkniederschlag in Deutschland - Messergebnisse, statistiche Auswertungen, Schätzungen. In Klimastatusbericht 1999, Deutscher Wetterdienst, p. 35-41.
MALITZ, G. - ERTEL, H. 2001. Extremwertstatistische Auswertungen von Tageswerten der Niederschlagshöhe. In Klimastatusbericht, 2001, Deutscher Wetterdienst, p. 94-99.
MENABDE, M. - SEED, A. - PEGRAM, G. 1999. A simple scaling model for extreme rainfall. In Water Resources Research, 1999, vol. 35, no. 1, p. 335–339.

PECHO, J. a kol. 2006. Objektívna priestorová analýza dlhodobých priemerov teploty vzduchu a maximálnych denných úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku. In: Zborník z medzinárodnej bioklimatologickej konferencie: „Bioklimatologia a voda v krajine“. Strečno, 11.-14. september 2006, ISBN 80-89186-12-2.
PECHO J. a kol. 2010. Extrémne atmosférické zrážky na jar a na začiatku leta 2010 na Slovensku. In Meteorologický časopis, 13, SHMÚ.
ŠAMAJ, F. - VALOVIČ, Š. 1973. Intenzity krátkodobých dažďov na Slovensku. In Zborník prác HMU č. 5, Bratislava : SPN, 1973.
URCIKÁN, P. - HORVÁTH, J. 1979. Matematické závislosti intenzít krátkodobých dažďov v Slovenskej soc. Republike. Bratislava, STU, 1979124 s.
YU, P.-SH. - YANG, T.-CH. - LIN, CH.-SH. 2004. Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall. In Journal of Hydrology, 2004, vol. 295, no. 1-4, p.108-123.

Mapovanie návrhových zrážok na Slovensku pre účely protipovodňovej ochrany

Hlavčová, K., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Bratislava, kamila.hlavcova@stuba.sk
Remiašová, R., Vodohospodárska výstavba, Bratislava, renata.remiasova@vvb.sk

Abstrakt
Návrhové zrážky predstavujú dôležitý podklad pre určovanie návrhových prietokov najmä v povodiach bez priamych pozorovaní. Predložený príspevok sa zaoberá priestorovým spracovaním N-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok na území Slovenska s využitím moderných prístupov k ich odhadu a mapovaniu. Na analýzu bol použitý rad ročných maximálnych denných úhrnov zrážok za obdobie 1951 – 2000 z 557 klimatických a zrážkomerných staníc. Testovaných bolo päť typov trojparametrických distribučných funkcií s lokálnym odhadom ich parametrov vykonaným pomocou L-momentov. Pre regionálny odhad bola použitá metóda vplyvného regiónu s extremálnym rozdelením GEV. Takto navrhnuté zrážkové úhrny boli interpolované interpolačnými metódami inverzne váženej vzdialenosti, kriging a cokriging. V závere bolo urobené porovnanie vytvorených máp 100-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok s expertne spracovanou mapou.

Kľúčové slová
návrhové zrážky, distribučné funkcie, interpolačné metódy, 100-ročné maximálne denné úhtny zrážok

Úvod

Dimenzovanie vodohospodárskych stavieb pre účely protipovodňovej ochrany, ako aj mapovanie povodňového rizika si vyžaduje poznanie pravdepodobnosti výskytu maximálnych úhrnov zrážok. Pre určovanie návrhových prietokov najmä v povodiach bez priamych pozorovaní predstavujú dôležitý podklad návrhové zrážky.

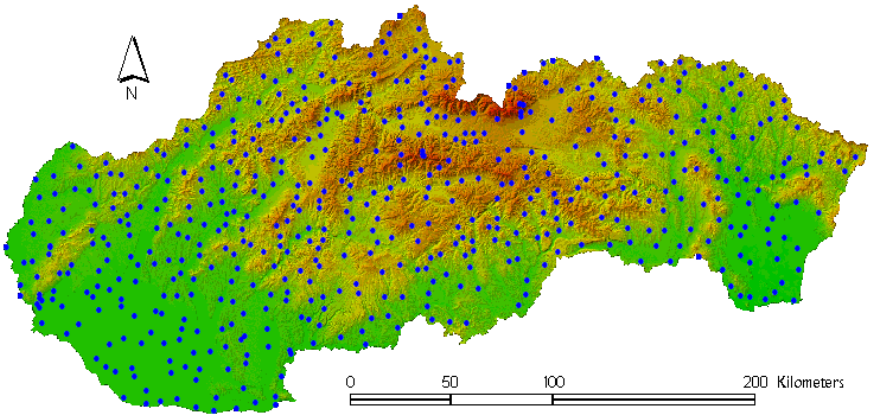
Spracovaniu a vyhodnocovaniu maximálnych zrážok sa venuje dlhodobá pozornosť vo svete aj u nás. V USA bol vypracovaný atlas NOAA č. 14, ktorý slúži na odhad návrhových hodnôt úhrnov zrážok pre trvanie od 5 minút až po 60 dní, a to pre priemernú dobu opakovania *N* od 2 do 1000 rokov. Na Novom Zélande vyvinuli softvér HIRDS určený na odhad návrhových hodnôt mimoriadnych úhrnov zrážok (Thompson, 2002). Príručka FEH (1999) je určená na odhad návrhových prietokov, resp. vysokých úhrnov zrážok na území Veľkej Británie. Cieľom autorov bolo vypracovať metódu, na základe ktorej by sa odhadovali vzťahy úhrn-trvanie-periodicita pre ľubovoľné miesto vo Veľkej Británii a pre ľubovoľné trvanie medzi jednou hodinou až ôsmymi dňami s dobou opakovania po 100 rokov, prípadne aj viac. V rámci vedecko-výskumného projektu KOSTRA (Barthels a kol. 1997) sa štatistickým spracovaním extrémnych hodnôt zrážkových úhrnov zaoberala Nemecká meteorologická služba. Extrémnymi dennými úhrnmi zrážok a ich významnosťou sa v našom regióne zaoberali viacerí autori. Z prác, ktoré aplikujú nové prístupy odhadu návrhových maximálnych úhrnov zrážok možno spomenúť napr. práce Faško a kol. (2000a, 2000b), Stehlová (2001), Gaál a kol. (2004), Gaál (2006), Kohnová a kol. (2005), Haasbach (2001) a Parajka a kol. (2002, 2004).

V tomto článku uvádzame výsledky práce, v ktorej boli spracované mapy N-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok na území Slovenska s využitím moderných prístupov k ich odhadu a mapovaniu (Remiášová, 2010). Na analýzu bol použitý rad ročných maximálnych denných úhrnov zrážok za obdobie 1951 – 2000 z 557 klimatických a zrážkomerných staníc. Testovaných bolo päť typov trojparametrických distribučných funkcií, pre regionálny odhad bola použitá metóda vplyvného regiónu s extremálnym rozdelením GEV. Takto navrhnuté zrážkové úhrny boli interpolované interpolačnými metódami inverzne váženej vzdialenosti, kriging a cokriging. V závere práce bolo urobené aj porovnanie vytvorených máp 100-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok

s expertne spracovanou mapou.bolo pre výpočet N-ročných maximálnych denných úhrnov (Remiášová a kol., 2009).

Vstupné údaje

Ako vstupné údaje boli použité ročné a sezónne (letné a zimné) maximálne denné úhrny zrážok z 557 staníc za obdobie 1951-2000. Do letnej sezóny boli zahrnuté maximá z denných úhrnov zrážok za teplé mesiace (máj – august), do zimnej sezóny maximá z denných úhrnov zrážok za chladné mesiace (september – apríl). Jedná sa o taký výber staníc, kde kontinuálny rad doplnených údajov nie je dlhší ako 5 rokov a celkove menej ako 10 rokov (Faško a Lapin, 1998; Faško a kol. 2000a, 2000b). Rozmiestnenie analyzovaných zrážkomerných staníc je na obr. 1.



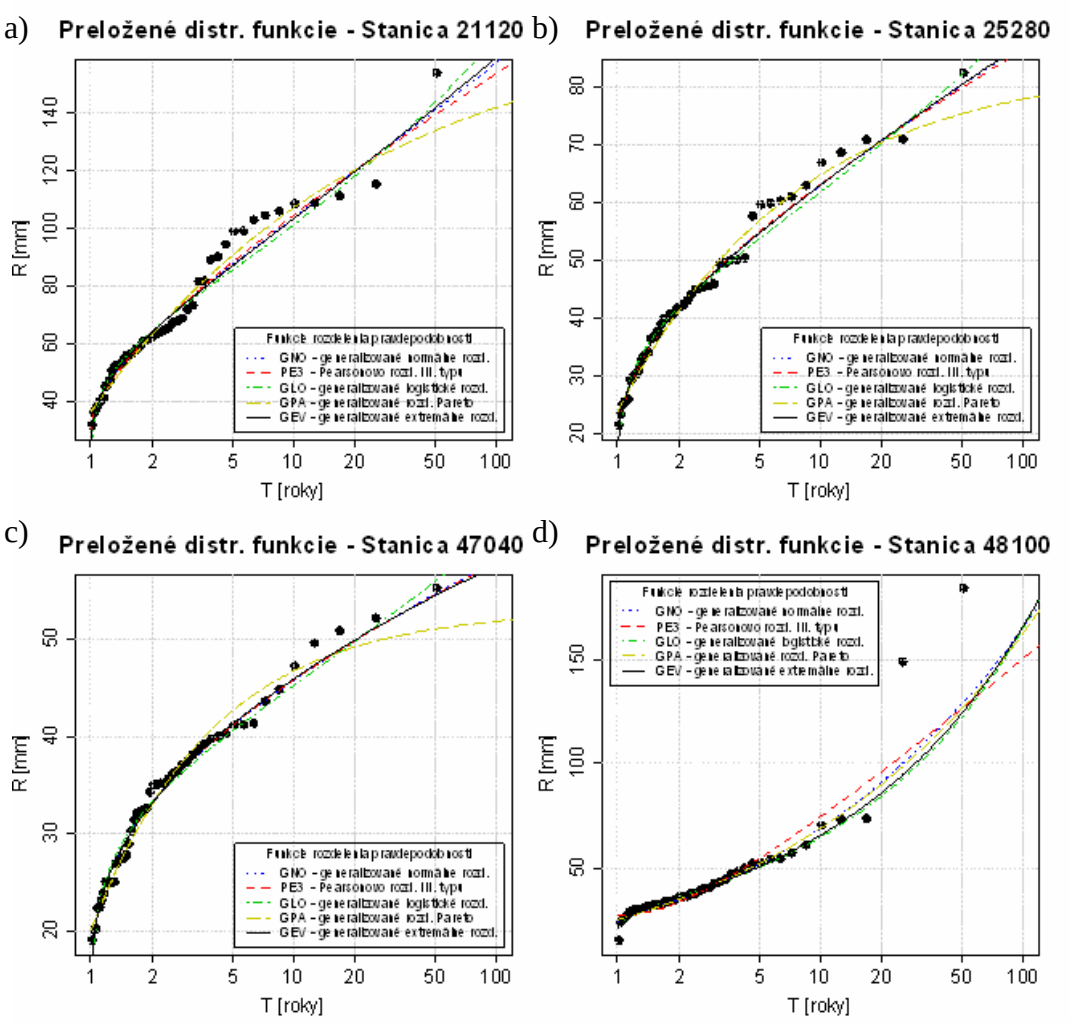
Obr.1 Digitálny model terénu Slovenska s rozmiestnením zrážkomerných staníc

Metódy odhadu N-ročných maximálnych úhrnov zrážok

Výber vhodnej distribučnej funkcie, resp. metódy odhadu jej parametrov majú mimoriadny vplyv na výsledné návrhové hodnoty. V práci bolo preto testovaných 5 typov distribučných funkcií: generalizované extremálne rozdelenie (GEV), generalizované logistické rozdelenie (GLO), generalizované normálne rozdelenie (GNO), Pearsonovo rozdelenie III. typu (PE3) a generalizované rozdelenie Pareto (GPA). Ide o trojparametrické rozdelenia, matematický popis pozri bližšie v prácach Hoskinga (1990, 1991), Hoskinga a Wallisa (1997). Lokálny odhad parametrov distribučných funkciií bol vykonaný pomocou L-momentov, pre regionálny odhad bola použitá metóda vplyvného regiónu s extremálnym rozdelením GEV. Na overenie vhodnosti vybraného rozdelenia pravdepodobnosti s odhadnutými parametrami sme použili Anderson-Darlingov test dobrej zhody.

Na základe odhadnutých parametrov jednotlivých distribučných funkcií boli určené návrhové hodnoty ročných maximálnych denných úhrnov zrážok. Pre každú stanicu sme bolo vypočítaných 6 kvantilov mimoriadnych úhrnov zrážok, resp. návrhových hodnôt s dobou opakovania N = 2, 5, 10, 20, 50 a 100 rokov.

Na obr. 2 je ukážka grafického spracovania návrhových charakteristík zo štyroch zrážkomerných staníc na Slovensku. Na grafoch sú znázornené krivky všetkych 5 testovaných distribučných funkcií preložených cez ročné maximálne denné úhrny zrážok. Čiary sa veľmi často navzájom prekrývajú a relatívne väčšie rozdiely medzi jednotlivými krivkami v rámci daného grafu (stanice) sú rozoznateľné až od N~20 až 50 rokov.



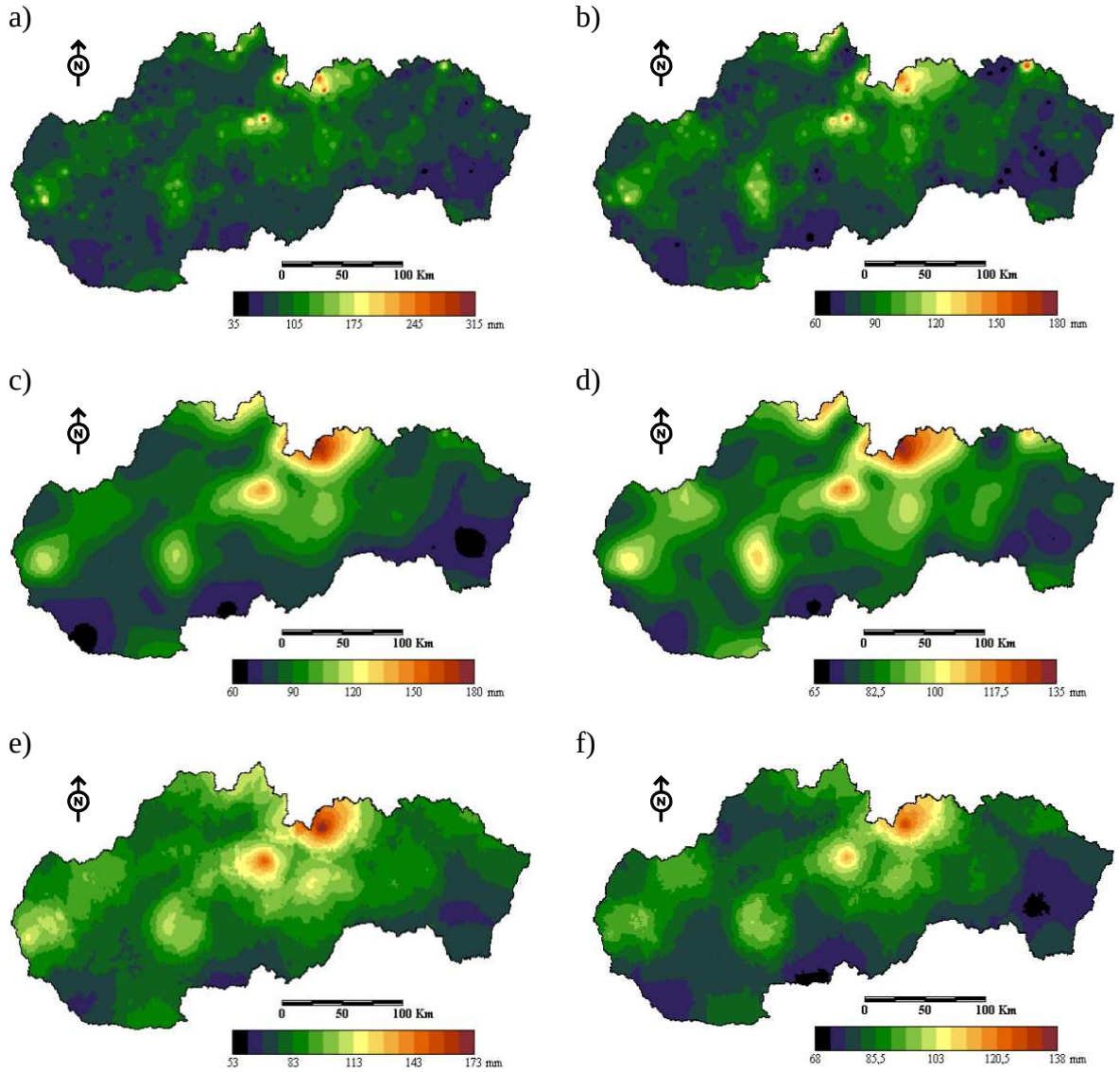
Obr. 2 Distribučné funkcií preložené cez ročné maximálne denné úhrny zrážok na vybraných zrážkomerných staniciach: a) Dem. dolina – Jasná, b) Rajecká Lesná, c) Lastomír, d) Dlhoňa

Z testovania vhodnosti distribučných funkcií vyplynulo, že pre väčšinu staníc (501) z celkového počtu 557 bolo najvhodnejšie extrémalne rozdelenie GEV. Ako najmenej vhodné sa ukázalo použitie generalizovaného rozdelenia Pareto.

Mapovanie N-ročných maximálnych denných zrážkových úhrnov

Na priestorovú interpoláciu kvantilov ročných maximálnych denných úhrnov zrážok boli použité tri metódy: metóda inverznej váženej vzdialenosti, kriging a cokriging. Vhodnosť jednotlivých interpolačných metód bola overená krížovou validáciou a porovnaná prostredníctvom strednej kvadratickej chyby odhadu.

Výsledky dosiahnuté všetkými troma interpolačnými metódami boli kompatibilné. Z mapového výstupu rozloženia výskytu extrémnych 2- a 100-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok možno konštatovať, že najvyššie 2-ročné denné úhrny zrážok (okolo 60 mm) sa vyskytujú najmä v oblasti Vysokých a Nízkych Tatier, rovnako ako aj najvyššie úhrny 100-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok (okolo 160 mm). Ukážky máp kvantilov 100-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok odhadnutých pomocou teoretického rozdelenia GEV a ROI sú na obr. 3.



Obr. 3 Mapy kvantilov 100-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok: **a,c,e)** získaných lokálnym odhadom GEV a interpolovaním metódou IDW (a), kriging (c) a cokriging (e); **b,d,f)** získaných regionálnym odhadom ROI s N_t=5 staníc a interpolovaním metódou IDW (b), kriging (d) a cokriging (f).

Z porovnania výsledkov mapovania uvedenými interpolačnými metódami vidieť, že IDW má tendenciu nadhodnocovať údaje okolo odhadovanej oblasti, hlavne ak ide o vysoko premenlivé veličiny a nepravidelne rozložené body pozorovania. To je typické pre klimatické charakteristiky, zvlášť pre zrážkové úhrny. Metóda IDW zvýrazňuje vysoké, resp. nízke hodnoty, preto niektoré lokality blízko týchto hodnôt môže nadhodnotiť, resp. podhodnotiť. Použitím metódy kriging boli vyhladené hodnoty extrémnych úhrnov zrážok, zistených v niektorých staniciach, čo malo vplyv na zmenšenie rozdielov medzi mapami kvantilov lokálneho odhadu GEV a mapami kvantilov odhadnutých metódou ROI oproti metóde IDW. Mapy kvantilov mimoriadnych úhrnov zrážok skonštruované interpolačnou metódou cokriging vykazujú istú podobnosť s mapami interpolovanými krigingom, avšak majú menej vyhladený povrch, ktorý čiastočne odzrkadľuje vplyv nadmorskej výšky zahrnutej vo výpočte.

Na základe vizuálneho porovnania jednotlivých máp nie je možné dostatočne posúdiť, ktorá z interpolačných techník dáva presnejšie odhady. Preto bola presnosť použitých interpolačných metód porovnávaná pomocou krížovej validácie. Pozostáva z postupného vynechávania vždy jednej stanice, interpolácie skúmaného prvku využijúc bodové hodnoty z ostatných staníc (okrem vynechanej)

a následného porovnania pozorovanej a interpolovanej hodnoty. Ako meradlo presnosti jednotlivých interpolačných metód sme použili opisnú štatistiku RMSE.

Prehľad štatistického zhodnotenia porovnávacej metódy pre jednotlivé interpolačné metódy je zhrnutý v tab. 1.

Tab. 1 Štatistické zhodnotenie krížovej validácie (hodnoty RMSE) interpolačných metód použitých na mapovanie lokálnych odhadov N-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok získaných extremálnym rozdelením GEV

N [roky]	IDW	KR	COKR	N [roky]	IDW	KR	COKR
2	6,52	6,89	6,93	20	14,00	14,59	14,89
5	9,08	9,60	9,70	50	18,90	19,42	19,92
10	11,27	11,85	12,06	100	23,97	24,37	24,92

Z tab. 1 možno usudzovať, že mapovanie lokálnych odhadov mimoriadnych úhrnov zrážok pomocou interpolačnej metódy IDW poskytuje jednoznačne najlepšie cross-validačné výsledky (najnižšie hodnoty RMSE). Hoci kriging a cokriging dávajú štatisticky horšie výsledky (vyššie hodnoty RMSE), ich spoľahlivosť nie je výrazne odlišná od metódy IDW.

V závere bola pomocou mapovej algebry porovnaná priestorová zhoda medzi interpolovanými mapami 100-ročných maximálnych denných úhrnov zrážok a digitálnou interpretáciou expertne vytvorenej mapy v Gaál a kol. (2004). Expertne vytvorená mapa predstavuje hodnoty zabezpečenia ročných maxím 1-denných úhrnov zrážok pre p=1% (opakovanie raz za 100 rokov v priemere). Mapa bola konštruovaná na základe lokálnych odhadov kvantilov vo všetkých 557 staniciach. Izohyety sú ručne kreslené s krokom po 10 mm, vo vyšších polohách hôr s krokom po 20 mm Porovnanie priestorovej analýzy expertným spôsobom a jednotlivými metódami je závislé od použitej metódy. Metóda inverzne váženej vzdialenosti zvýrazňuje vysoké, resp. aj nízke hodnoty, preto niektoré lokality blízko týchto hodnôt môže nadhodnotiť, resp. podhodnotiť. Metóda krigingu a cokrigingu poskytuje vyváženejší výsledok priestorovej analýzy, ale podhodnocujú sa regióny prevažne bez meteorologických staníc a nadhodnocujú regióny, kde sú vypočítané charakteristiky zrážok s nižšími hodnotami blízko regiónov s vyššími vypočítanými charakteristikami zrážok. Toto je práve dôsledok vlastností týchto metód. Zaujímavé je, že centrálne oblasti Slovenska sú lepšie zvládnuté ako okrajové, aj keď aj tam je členitý reliéf.

Záver

Cieľom práce bolo na základe údajov ročných maximálnych denných úhrnov zrážok z 557 staníc z celého Slovenska demonštrovať možnosti analýzy a priestorového spracovania maximálnych N-ročných denných úhrnov zrážok. Spracované mapy N-ročných denných úhrnov zrážok môžu byť vhodným podkladom pre dimenzovanie a návrhy vodohospodárskych stavieb a opatrení pre účely protipovodňovej ochrany u nás. Rozdiely medzi mapami získanými interpolačnými metódami vyplývajú najmä z nedostatkov siete zrážkomerných staníc, z mimoriadnej priestorovej premenlivosti analyzovanej charakteristiky zrážok a z možností použitých metód. Sieť zrážkomerných staníc je v prípade tejto charakteristiky zrážok nedostatočne hustá. Výsledky priestorovej analýzy pomocou použitej interpolačnej metódy v porovnaní s expertnou analýzou (Gaál a kol., 2004) nadhodnotili širší priestor v oblastiach, kde bolo zaregistrované sústredenie vyšších hodnôt maximálnych denných úhrnov zrážok. Tento problém by sa dal riešiť doplnením reálne nameraných maximálnych denných úhrnov zrážok hodnotami v tzv. virtuálnych staniciach. Doplnením virtuálnych staníc sa uvedený problém celkom úspešne preklenul pri takých charakteristikách, ako sú mesačné úhrny zrážok, ale napríklad aj v prípade vodnej hodnoty snehovej pokrývky. Netreba však zabúdať, že charakteristika maximálnych denných úhrnov zrážok má svoje úskalia spočívajúce v dosť veľkej jedinečnosti každej nameranej hodnoty, z ktorých sa potom pomerne ťažko, resp. s dosť veľkou mierou neistoty odvodzujú hodnoty v miestach, kde sa reálne nemeria, bez ohľadu na to, či je to horská poloha s riedkou sieťou staníc, alebo aj nížinná poloha s relatívne hustejšou sieťou staníc. Napriek tomu by

tento postup mohol v konečnom dôsledku zmenšiť priestorový rozsah rozdielov, ako a aj ich relatívny rozdiel.

Poďakovanie
Spracovanie štúdie bolo podporené Agentúrou na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory č. APVV 0303-11 a APVV 0015-10.

Literatúra

BARTHELS, H., MALITZ, G., ASMUS, S., ALBRECHT, F.M., DIETZER, B., GÜNTHER, T., ERTEL, H., 1997. Starkniederschlagshöhen für Deutschland, KOSTRA. Deutscher Wetterdienst – Hydrometeorologie, Offenbach, Selbstverlag.

FAŠKO, P., LAPIN, M., 1998. Hodnotenie výskytu mimoriadnych úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku. Bulletin SMS pri SAV 9(3), 20-24.

FAŠKO, P., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P., VIVODA, J., 2000a. Daily Precipitation Extremes in Slovakia Based on Data from 607 Stations and 50-year Period. In: Zborník z VIII. Posterového dňa s medzinárodnou účasťou „Transport vody, chemikálií a energie v systéme Pôda-Rastlina-Atmosféra“. ÚH SAV a GFÚ SAV, Bratislava, 7 s. na CD, ISBN 80-968480-0-3.

FAŠKO, P., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P., VIVODA, J., 2000b. Maximum daily sums of precipitation in Slovakia in the second half of the 20th century. In Images of Weather and Climate. Prace Geograficzne, fasc. 108. Institute of Geography of the Jagellonian University, Cracow, 131-138.

FEH (Flood Estimation Handbook), 1999. Institute of Hydrology, Wallingford. Volume 1-5, 325 s.

GAÁL, L., 2006. Metódy výpočtu štatistických charakteristík návrhových hodnôt krátkodobých až viacdenných úhrnov zrážok na Slovensku. Dizertačná práca, Univerzita Komenského v Bratislave, 228 str.

GAÁL, L., LAPIN, M., FAŠKO, P., 2004. Maximálne viacdenné úhrny zrážok na Slovensku. In Sborník abstraktů – Seminář „Extrémy počasí a podnětbí“, Brno, 15 str., ISBN 80-86690-12-1.

HASBACH, B., 2001. Vergleich und Bewertung von Methoden der Abschätzung von Starkniederschlägen am Beispiel des Oberlaufs des Hron in der Slowakischen Republik. [Diplomová práca]. STU, Bratislava - TU, Kaiserslautern. 214 s.

HOSKING, J.R.M., 1990. L moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. J. R. Statist. Sot., Ser. B, 52(2), 105-124.

HOSKING, J.R.M., 1991. FORTRAN routines for use with the method of L-moments, Version 2. Research Rep. RC-17097, IBM Research Division, T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights. NY, 117 str.

KOHNOVÁ, S., GAÁL, L., SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., 2005. Analýza maximálnych úhrnov zrážok v povodí horného Hrona. Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave. 1. vyd. 120 str., ISBN 80-227-2339-8.

PARAJKA, J., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., 2002. Priestorová interpolácia N-ročných maximálnych denných zrážkových úhrnov v povodí horného Hrona pomocou stochastických interpolačných metód. Acta Hydrologica Slovaca 3(1), 35-45.

PARAJKA, J., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., 2004. Priestorová interpolácia parametrov hustoty rozdelenia pravdepodobnosti maximálnych denných zrážkových úhrnov na povodí horného Hrona. Acta Hydrologica Slovaca 5(2), 258-265.

REMIAŠOVÁ, R., GAÁL, L., HLAVČOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., FAŠKO, P., 2009. Priestorová regionalizácia návrhových zrážok na Slovensku. Acta Hydrologica Slovaca 10(2), 213 – 220.

REMIÁŠOVÁ, R., 2010. Priestorová regionalizácia klimatických charakteristík s bodovým meraním. Dizertačná práca. Stavebná fakulta STU v Bratislave.

STEHLOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., 2001. Analýza dvojdňových úhrnov zrážok v oblasti horného Hrona. Acta Hydrologica Slovaca 2(1), 167-174.

THOMPSON, C.S., 2002. The high intensity rainfall design system HIRD. In: M. Speafico (Editor), International Conference on Flood Estimation. International Commiccion of the Rhine Basin, Lelystad, CHR Report. No. II-17, 273-281.

Rainfall Intensities Threshold Map - Base for the Real Time Torrent Defense

Gavrilović Z, Milojević M, Zlatanović N.

Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi" Beograd Serbia

zgavrilovic68@gmail.com

Abstract

Torrential rains are an intense physical process of short duration, limited in time and space. They are formed from cumulonimbus cloud systems. The monitoring of these kinds of cloud formations is geared toward anti-hail protection and air traffic. After ice turns into water, little significance has been given to the rain itself and its characteristics, despite the fact that these rains cause torrential floods. Due to the large number of rapidly changing observed data, mathematical models are aimed at the specific task of anti-hail protection. On the other hand, mathematical models of intense rains of short duration require more computer time than the phenomenon itself. This results in devastating torrent floods being characterized as “unexpected” or “sudden”.

Torrent and erosion protection system in Serbia is part of river basin management plans which are organized in several levels. National, regional and local level. Only cross border torrents belong to international level. Erosion mapping, torrent classification, and other basin characteristics are required data set for preparation torrent flood defense plans. This data set is good for traditional passive torrent defense system. Real time defense system needs something else. Analyzing the gathered data, show that torrent runoff depends on a few more factors other than the elementary function of rainfall-infiltration-runoff. The mentioned function has been satisfactory in the case of low intensity rainfall. Heavy rainfall is characterized by raindrops of large diameter and high velocities, which have significant impact energy. Every impact of such raindrops causes deterioration of the soil, as well as the creation of turbulent conditions for runoff and infiltration.

This paper show experience of creating criteria and Rainfall intensities threshold Map as a base for the Real Time torrent defense. This map serve as a basis for meteorological radar centres to know precisely which rainfall amount and intensity is alarming for a specific area.

Key words: Torrent flood defense, rain intensity, threshold map

Introduction

Torrent floods are caused by heavy rains that last from 1 to 5 hours and are characterized by torrential flow regime and great destructive power, endangering traffic corridors, infrastructure systems and urban areas. These are constructions of high value and high urban density. That is why damages are proportionally high, with the inevitable loss of life.

The timely reaction of an active torrential flood defense system depends on several factors that include:

- Knowing the conditions under which torrential floods occur
- Development of an early warning system for torrential floods, using available measurement data
- Education and training of staff in charge, as well as civilians, for proper response to warnings of potential torrential flooding
- Development and improvement of a monitoring and early warning system for torrential floods
- Improving methodologies for better forecasts of oncoming torrential floods

The entire system of active defense is based on correctly knowing the conditions under which torrential floods occur. The proclamation that torrential floods occur after a strong and intensive rain is insufficient, because there is not enough data about the amount and intensity of rainfall.

It is indisputable that excess precipitation is the cause of runoff and floods. There is a large number of hydrologic models in use that are defined by the term „rainfall-runoff“. Although the term is seemingly well defined, hydrologic models and the calculations behind them are complex, and, depending on the target group for which they are designed. (Stefanović M., Gavrilović Z., Zlatanović N.)

One of the main problems of these models is the definition of target groups. The problem lies in the differentiation of rivers as „large“, „medium“ and „small“. The „small“ rivers, according to the criteria set by experts from countries that make up almost the whole continent, are classified as „large“ in smaller countries due to the fact that they often occupy a significant part of the territory of that country.

This is one of the reasons why the direct application of hydrologic models for „large“ or „small“ rivers do not always give satisfactory results.

Serbia has a special problem because several large European rivers flow into the Danube on within its territory, several of which originate from Serbia, Montenegro and Bosnia and Hercegovina. 75% of Serbian territory is mountainous and hilly terrain with countless streams of different catchment sizes, mostly of torrential character.

Analysis of previously recorded torrent floods and their causes has shown that every rain forming cloud formation has been completely recorded. The mathematical model for precipitation prediction lags beyond the time of need for these predictions. The delay in the notification of potential torrent floods is in part due to shortcomings of existing prediction models for integrating hydrological and meteorological processes. Specifically, these prediction models were designed for relatively large catchments where floods are caused by day-long rains and last several days.

Torrential flood wave forecast possibility

The radar method is very useful in identifying the cloudiness producing heavy showers and abundant long-term precipitation, which could cause torrents and floods. Then, the Observer in a radar center can see the exact geographic position of water-bearing cloud, define its velocity and direction, forecast and measure the precipitation intensity and the quantity of rain, as well as the time of the cloud discharge onto the observed catchments.

It is possible to demonstrate the principles of new torrent flood defense method by the example of a torrent flood of River Vlasina. The surface area of the Vlasina catchments is about 1000 km², with a

pronounced mountainous relief. The entire region is erosion regulated and the population had already forgotten regular torrent flooding of not so long ago. On 26 June 1988 one third of the catchments were subjected to a heavy storm and rainfall of disastrous proportions. One third of the catchment's received over only a few hours one third of the mean annual overall precipitation. Devastation was very extensive and all encompassing.

Among destroyed or heavily damaged were:

The dam at Vlasotince; Bus station and trade-and-craft center in Vlasotince; 80 km of regional roadways; 32 bridges; 252 housing projects; 524 ha of arable fields in the valleys; 108 ha of orchards.



Fig.1. Broken Dam in Vlasotince and clear up part of town

Flooded and damaged were:

578 ha of valleys; 3231 houses and other buildings; Water supply facilities servicing Niš and Vlasotince.

Luckily, this general disaster resulted in the loss of only three human lives. Calculated damage cost is nearby one billion dollars.

An analysis of the overall scenario has shown that existing defenses were able to withstand flooding in places where the intensity had twice the design magnitude, and disaster occurred where the intensity was three times the design magnitude.

It is a fact that the likelihood of such heavy flooding is close to the computed occurrence once in a thousand years, but it did show it was not impossible. Since then and up to the present day numerous similar torrent floods have occurred all over Europe and the world.

The flood identified deficiencies of the torrent flood control system, where torrent floods exceeded the defense capability or such capability was entirely lacking.

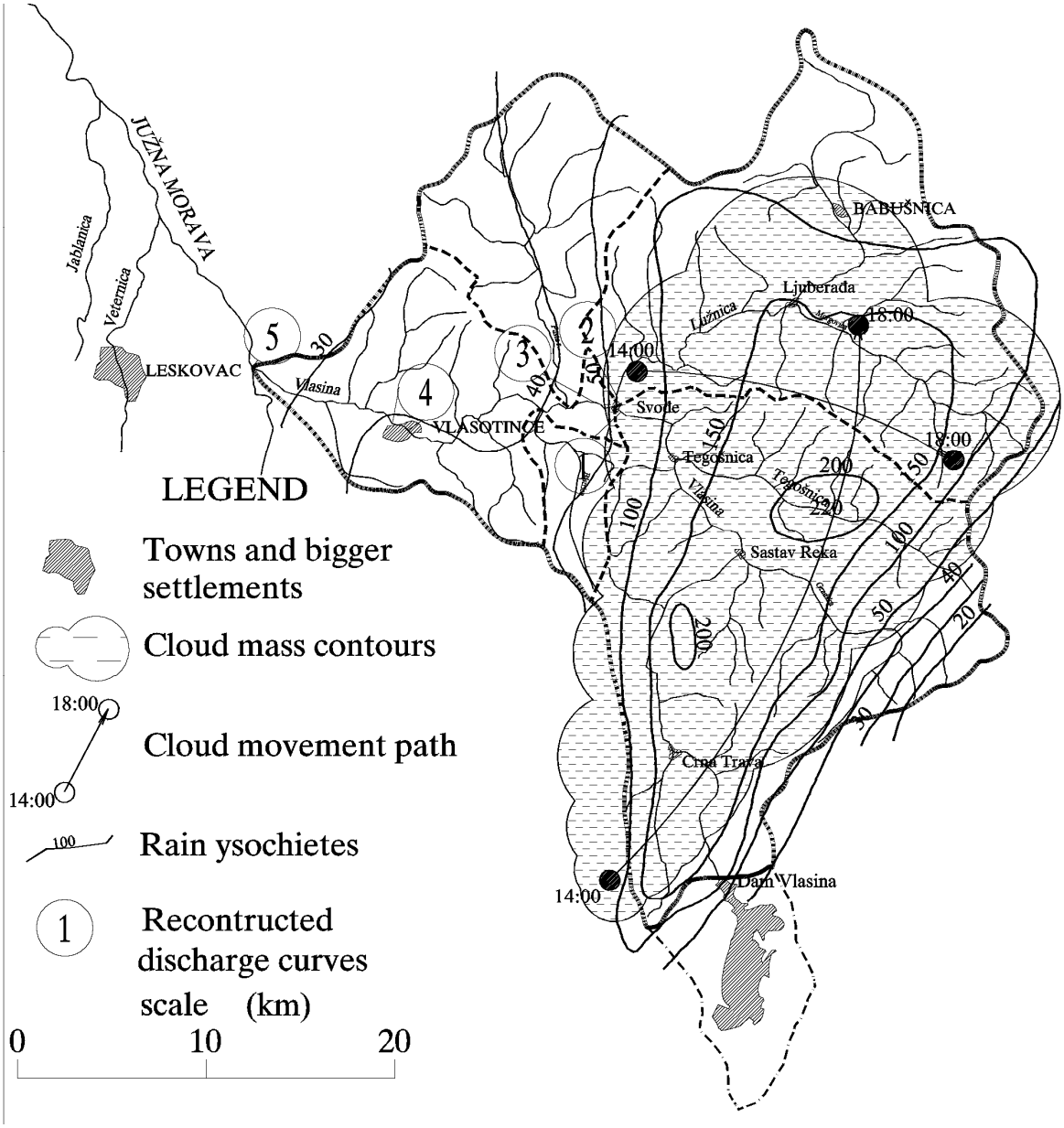


Fig.3. Meteorological situation on 26.06.1988. Over Vlasina River catchments

The radar center of the weather service monitored the entire occurrence by the minute and was able to reliably forecast the sequence of events for the coming hours as well as the amount of precipitation. Fig.3 presents possibilities of a meteo radar use for following cloud masses, which produce heavy showers on the example of the situation above the Vlasina river catchments, dated on 26 June 1988. (Gavrilović Z.1991.)

Fig.4 shows a reconstructed torrential flood wave on the characteristic profiles of the Vlasina river mainstream. The Table presents the times after which appeared the maximum discharges of the river water in relation to the forecasted rain.

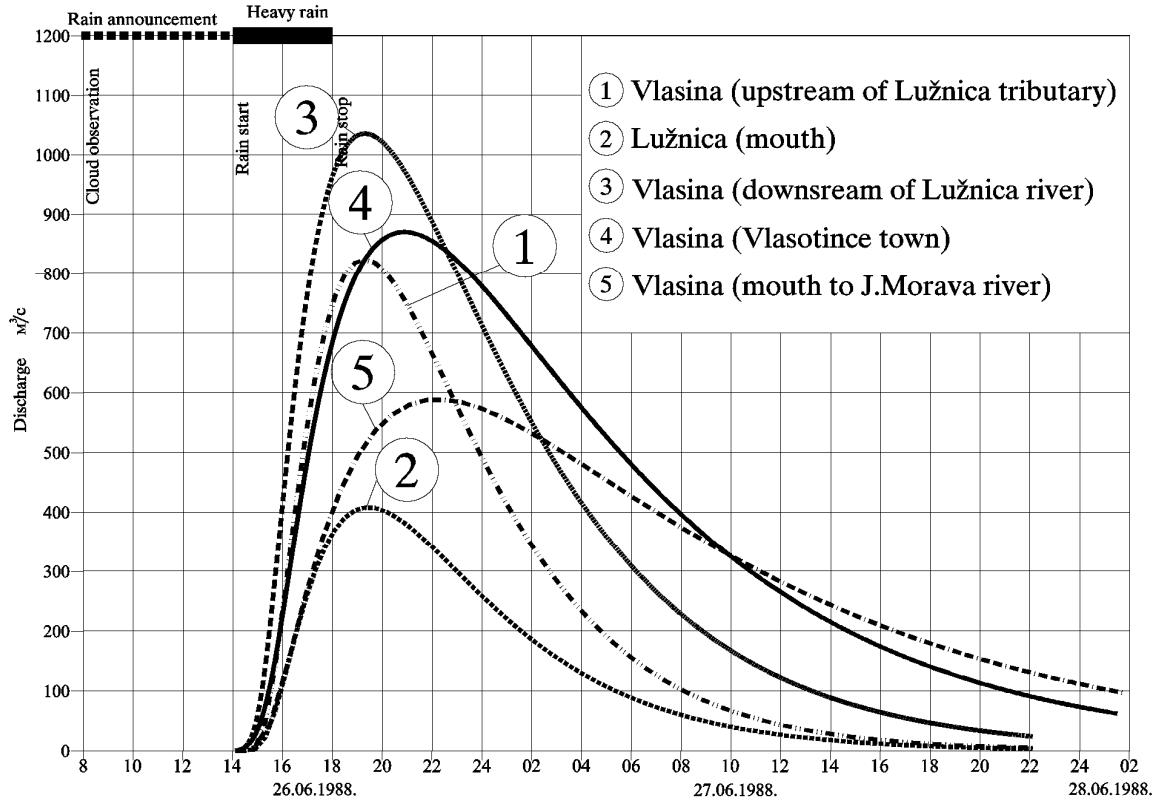


Fig.4. Clouds, rain start and food waves discharge and duration

Important timeline of torrent flood for the marked profiles				
Characteristic profiles	Time (t) (hours)			
	Rain Announcement time	Rain Starting Time	Flood wave peak passage time	Possible intervention time
1.Vlasina	8^{00}	14^{00}	19^{00}	11^{00}
2.Luznica	8^{00}	14^{00}	20^{00}	12^{00}
3.Vlasina	8^{00}	14^{00}	19^{30}	11^{30}
4.Vlasina	8^{00}	14^{00}	21^{00}	13^{00}
5.Vlasina	8^{00}	14^{00}	22^{30}	14^{30}

The rate of data availability was simply slowed down by the archaic flood defense system, which in the case of large rivers provides for raising defenses one day after heavy rainfall.

Rain and other characteristic important for flood wave generation

The first flaw is observed in the field of meteorologic observations of precipitation, based on observations of the daily amount of precipitation, which fulfills the needs of hydrologic models for large river systems.

In Serbia, as well as in other European countries, the criterium used for announcing flood threats is the daily rainfall amount of 30 mm/day. Expressed in average rainfall intensity, this is equal to 1.25 mm/h.

If the mentioned average rainfall intensity lasts longer than one day, it will cause high flows. As standard rainfall observations do not track changes of intensity throughout the day, the impact of these changes on the flood wave are unknown.

This is why it is not uncommon for several rainy periods of similar amount of rainfall to generate completely different flood waves, from harmless ones to those of catastrophic proportions.

Large watersheds are equipped with a number of standard rainfall gauges, and it is important to know whether the entire watercshed area is affected by the critical amount of rainfall, or just one part.

This lack of rainfall intensity data causes hydrological forecast to become unreliable, even with large river basins. This is why rainfall depth is just an indicator for possible floods and requires parallel hydrologic observation, which is the actual basis for the activation of flood defense on large rivers. This system has been functional even in the middle ages for rivers such as the Danube and its tributaries, characterized by weeks of onset and duration, so there has always been enough time to organize flood defense.

The problem has always been when rainfall intensities are relatively high and flood generation faster. The description of such floods always contains the term „torrential“ . Such phenomena do not happen as a rule, but they occur nevertheless and regularly confirm the importance of monitoring of rainfall depth and intensity, as well as other data important for the occurence of floods, regardless of the size of the basin.

This is why it has been noted in the past that there is a need for a classification of rainfall, from rainstorms that last several days that are characterized by having constant intensity and are the cause of floods on large rivers, to those that are short lasting with high intensity, that cause torrent floods.

The term „torrential rain“ was coined in the twentieth century because of the need to separate rains that cause torrent floods from a wide range of rains. Naming a characteristic form of rain is not a scientific peculiarity, because rains are a regular natural phenomena that affect people. This is why all the world's languages have numerous words to clearly define the type and character of rain, from useful to harmful, beautiful, nasty, pleasant, annoying, boring etc. The Serbian language also has many words to describe rains of different character. Those that cause torrential floods are usually called „downpours“ of in extreme cases „floods“. Still, this is a subjective assessment rather than measured data.

It is undisputable that the amount of rainfall and the intensity have a major influence on the formation of runoff and floods, but they are not the only factors

The topographic characteristics are also a siginificant factor for the formation of a flood wave, which has become an obligatory component of hydrological models.

Land use is another important data set of almost all hydrological models, especially those targeting small river systems.

Soil characteristics are included in numerous calculation models for small river systems. Improper application of soil data has been noted in this field.

The reason behind this is the fact that few hydrologists have the necessary knowledge of soil characteristics to assess the actual interaction between rain, soil and runoff.

Soil is defined by its geological and pedological attributes. The surface layer is pedological and is usually shallow, and in some places even non-existent. The geological layer is relatively deep, but its top layer has different characteristics than the deeper layers.

The application of GIS techniques has enabled relatively simple soil data entry for calculations. The problem is that pedological maps classify barren land as soil.

Due to discrepancies between pedological and geological data, terms „previous moisture content“ and „saturation“ of soil have been introduced in hydrology in order to define the effect of previous rainfall and receiving capacity of the soil.

The terms in use are „dry“, „moderately wet“ and „very wet“, „unsaturated“, „moderately saturated“ and „oversaturated“.

These criteria make sense in terms of relatively low intensity rainfall of long duration. Such criteria are not applicable in cases when there is high intensity rainfall, because they are contrary to the soil characteristics (pedological and geological layers).

Long-term observations of intensity of rainfall and runoff showed that the noted soil characteristics have a primary influence on differences that occur in seemingly similar river systems, in cases when rainfall occurs with similar duration and intensity. The event with greater rainfall depth but longer duration gave significantly lower discharges compared to rainfall of lower depth but higher intensity and shorter duration.

The above phenomenon has been noted on so-called micro-catchments, as well as large rivers that have experienced torrential floods of catastrophic proportions.

Rainfalls, being the main cause of intense erosion and runoff processes, are homogenous neither in terms of pouring intensity or raindrop diameter. This is by no means negligible, since raindrops act as projectiles whose speed varies from just millimetres to speeds of up to 9m/s. Dependency of the speed of a falling raindrop on its diameter was studied both here and in other countries are presented in Figure 5. Laws J. O. 1941.

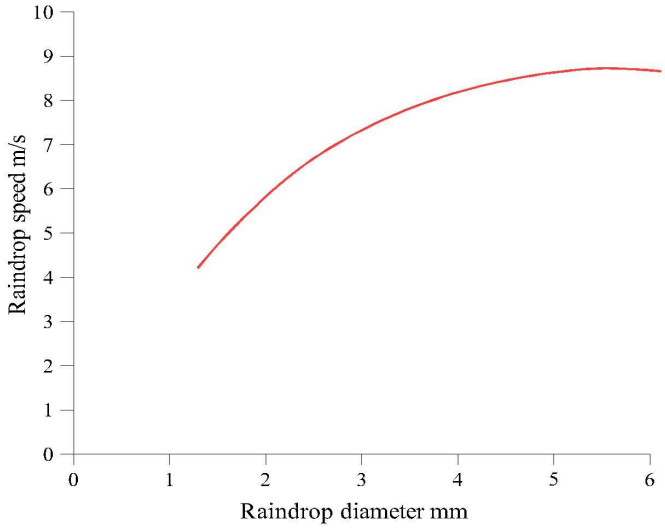


Figure 5. Relation between raindrop diameter and speed

Researching the share of fractions in the overall rain requires complex and expensive equipment, and therefore such experiments were only carried out in well equipped laboratories and institutes; the results of the study are presented in Figure 6. Hudson N. 1973.

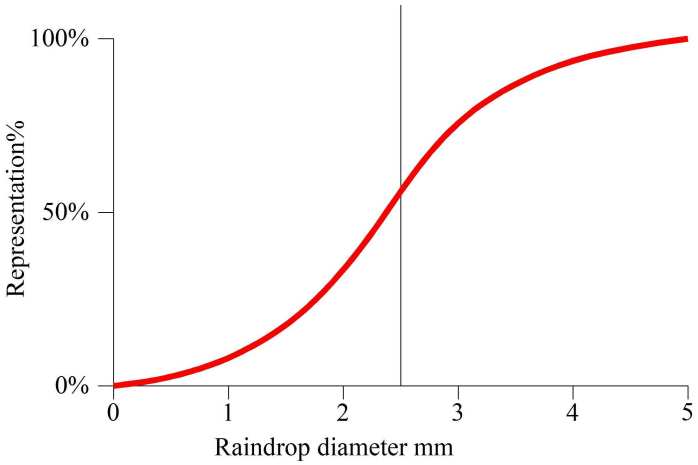


Figure 6. Raindrop diameter representation in the rainfall

These experiments helped to establish the dependency of average raindrop diameter on rainfall intensity, which is shown in Figure 6. For strong rainfalls, the average raindrop diameter is around 2.5mm; falling speed is around 6.7m/s.

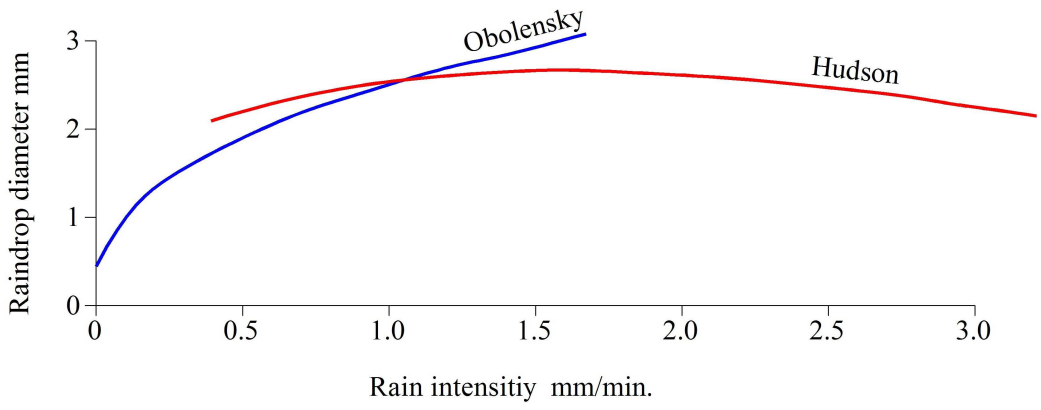


Figure 7. Relation between rain intensity and raindrop diameter

Figure 7., show two curves based on studies carried out in two completely different climate systems - in Africa (Hudson - Rhodesia) and north Europe (Obolensky, Nikandrov - Russia). The research shows that while African tropical rains are not characterized by low intensity rainfall and small raindrop size, North European rainfalls are. Hudson N., 1973. Mircchulava, C. E. 1970.

A wide range of rainfall intensity is typical for our region, which is why we are able to experience all types of erosion and runoff that are typical both for north Europe and Africa.

The above rainfall characteristics are not insignificant because they clearly depict the kinetic energy potential of a rainfall that leads to soil erosion and torrent flood. Gavrilović S. 1970

The kinetic energy of raindrops causes soil degradation, which is not a simple process, because soil is a complex natural creation with its own structure and adhesion components. All soil particles displaced by raindrops are transported in runoff from the soil.

Laboratory tests resaults

Greatest erosion and torrent problem was in Serbia where soils have small resistance to erosion. Serbia is hilly and mountain country. Average slopes are much higher than 15%. In such conditions soil losses has second position. Main problem is sediment production, sediment transport and torrent flood discharge.

Systematic investigations of the intensity of erosion and torrents were begun in former Yugoslavia sixty years ago ("Jaroslav Černi" Institute for the Development of Water Resources, 1947.), and they enabled the development of The Method for the Quantitative Classification of Erosion (MQCE), and later “Erosion Potential Method” (EPM) 1954. Gavrilović, Z. 1988, Gavrilović; Z. 2010.

After series tests with rain simulators limitation was visible. Large divergence of raindrops diameter and their energy has great impact on results. Field tests supports only rain intensity, but all other factors important for erosion and torrent are out of control. Laboratory test has similar dissipation of the collected data. Important part of this investigation was construction of the rain generators and wide range of the laboratory tests which enabled erosion intensity definition on steep slopes.

Rain generator was designed and constructed during EPM developing by the Jaroslav Černi Institute as new tool for erosion and torrent investigation. This equipment can generate raindrops with similar diameter. Reason is simple. Similar potential destructive energy.

The lab experiments began in 1963 and ended in 1972. During this time, different geopedological base types were tested and analyzed for different inclinations and land-uses. Figure 8 clearly shows the concept of the experimental work. The rain generators are laid out around the lysimeter with the uncontaminated sample and master rain gauge. Gavrilović S. 1970, Gavrilović, S. 1972, Gavrilović, Z. 1988, Gavrilović; Z. 1990.

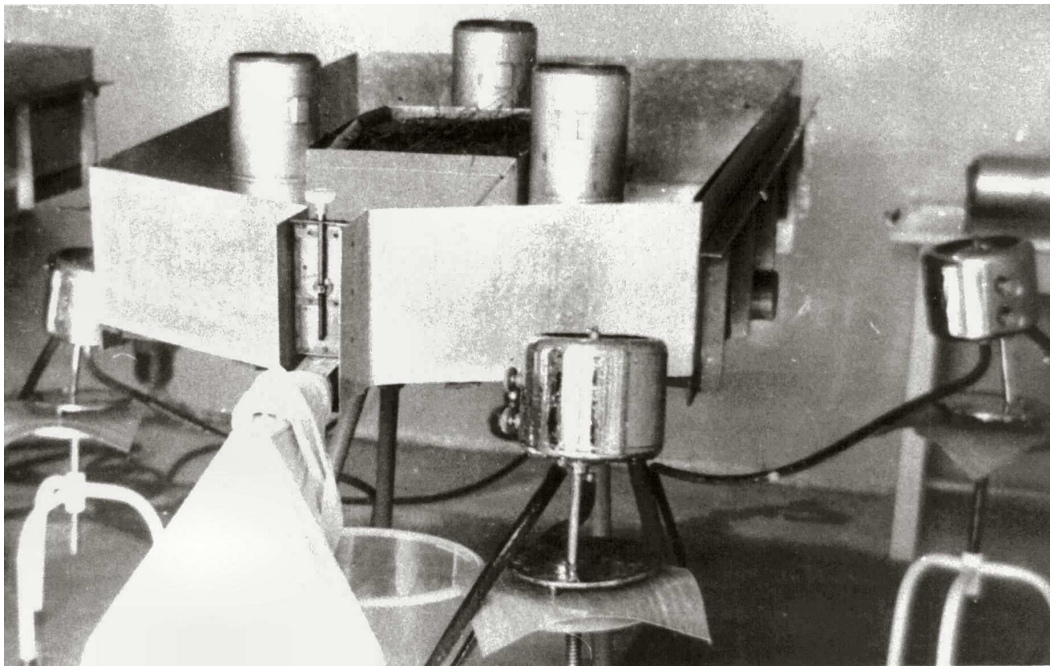


Figure 8. Lab equipment for erosion research experiments

We therefore needed to simulate a rainfall in the laboratory tests both in terms of intensity and raindrop size, as well as speed of falling. Raindrop falling speed during a rainfall varies between 3.5 and 4.75m/s. In addition, the largest raindrops are not the fastest falling because their mass, volume and shape significantly increase aerodynamic braking in comparison to the smaller drops.

The lysimeters contained unaffected soil samples taken using standard Kopecky cylinders from depths of 5, 15 and 25 cm. The lysimeter incline was identical to the inclination of the experimental plot where the sample was collected.

The samples were subjected to a series of artificial rains with standard levels of intensity for rainfalls. The series of rain intensities for the milder rainfalls were 0.1 - 0.5 mm/min. The series of rain intensities for heavier rainfalls were 0.6 - 1.0 mm/min. Gradation of these series was 0.1 mm/min. The series of rain intensities for extremely heavy rainfalls were 1.5 - 2.5 mm/min. Gradation of these very intense rainfalls was 0.5 mm/min.

The first results enabled us to analytically define the inherent erosion resistance of certain geology and pedological base types. For defining the effects of anthropogenic factors on erosion and torrential runoff processes, the same rain series treatment was applied to unaffected samples 40-50 cm and a depth of 30cm.

The research results are an integral component of the overall scientific research work for establishing a methodology for exploring erosion and mean nothing on their own without the accompanying experimental research from the erosion plots and experimental catchments. All experimentally treated samples were taken from the erosion plot zone.

As we can see from the above, these experiments were completed forty years ago, and the equipment reflected the technology available at the time. At the same time, the research was intended to define a wide range of erosion processes that are present in catchments and represent the source of the sediment

which threatens important structures that are located downstream (accumulations, settlements, roads, etc.). The completed research fulfilled the requirements and defined the methodology for relatively accurate mapping of erosion processes and calculating sediment production and runoff.

Meteorologic radar observations can offer data on the characteristics of cloud systems. The intensity, duration and movement of clouds are routine observations. This is why it is expected from meteorogical observations to define the intensities and rainfall amount that cause floods. Unfotunately, meteorologists observe clouds and not what happens with rain once it falls on the earth's surface.

Experience has shown that one practical solution is to define the rainfall intensity that generates runoff, especially runoff that causes torrent floods. These intensities are a specific characteristic of terrain.

Terrain slopes have been given primacy in most hydrologic models, but examples shown here contradict that.

After analysis, we have concluded that these threshold rainfall intensities that generate runoff can be calculated based on knowledge of the conditions of the terrain, namely the land use and infiltration characteristics of the soil.

Infiltration occurs on both flat and steep terrain and depends on various factors.

The first factor is the coefficient of infiltration, that varies from $K=a*10^{-1}$ to $a*10^{-7}$ m/sec. This factor must be determined for differents parts of the watershed while having in mind that the soil layer is on top of the geological layer, and the real coefficient of infiltration is a result of this system. The figure shows a detail of shallow soil on bare rock, where it is obvious which is the dominant coefficient of infiltration.



Fig. Typical tin soil layer on deep geological layer

Analyzing the gathered field and laboratory data, we have concluded that runoff depends on a few more factors other than the elementary function of rainfall-infiltration-runoff. The mentioned function has been satisfactory in the case of low intensity rainfall.

It is well known that low intensity rainfall consists of raindrops of small diameter and low downward velocities. These drops do not have significant impact energy and are mostly capillary bound to the soil. These drops generate runoff only on terrain that is nearly impermeable.

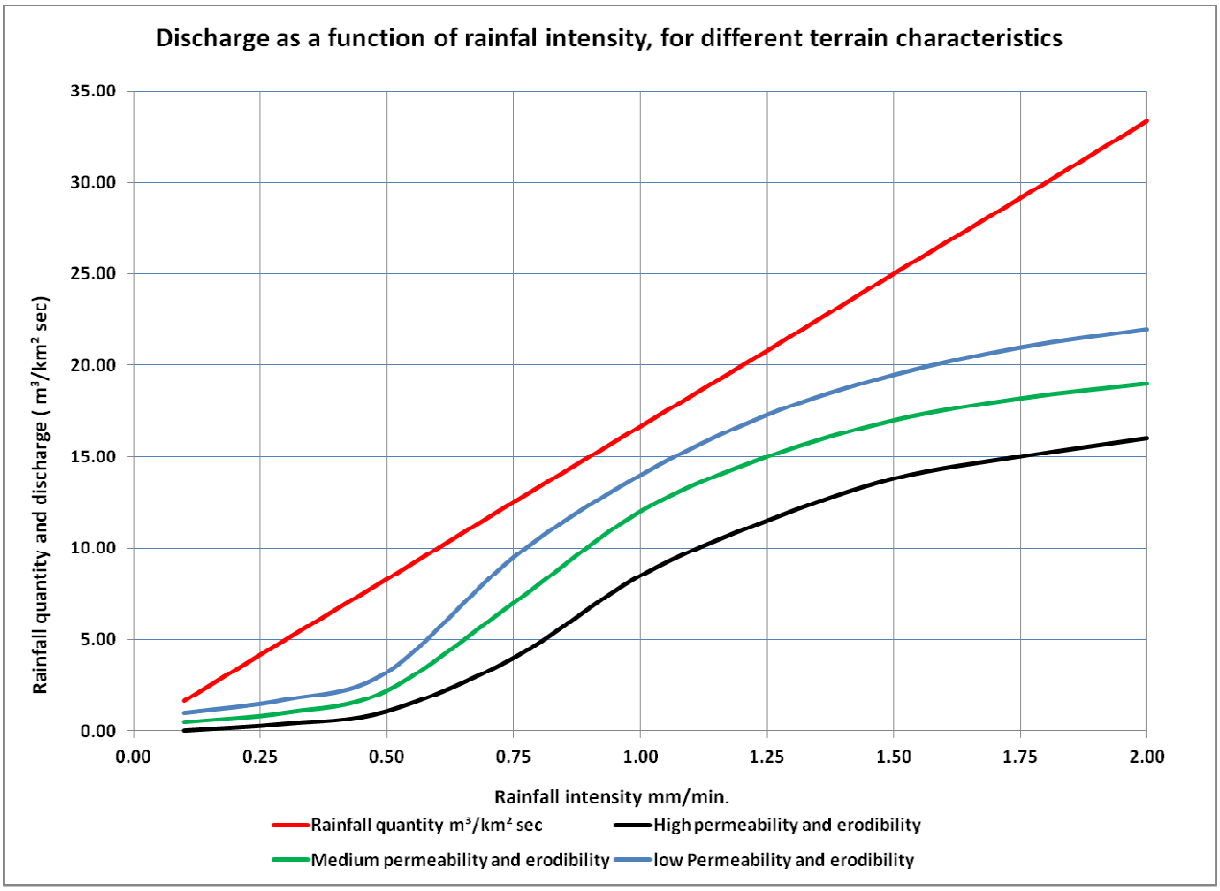


Figure 9: Discharge as a function of rainfal intensity, for different terrain characteristics.

On the other hand, high velocity rainfall is characterized by raindrops of large diameter and high velocities, which have significant impact energy. Every impact of such raindrops causes deterioration of the soil, as well as the creation of turbulent conditions for runoff and infiltration.

Long-term investigation of erosion intensity depends on rain intensity; help us to found basics relations between rainfall intensity and discharge for different terrain characteristics which is shown on figure 9.

Using this methodology, a map of threshold rainfall intensities can be made that would serve as a basis for meteorological radar centres to know precisely which rainfall amount and intensity is alarming for a specific area. Figure 10 show an example rain intensity threshold map made for experimental test bed Topčiderska reka. Stefanović M., Gavrilović Z., Zlatanović N 2012.

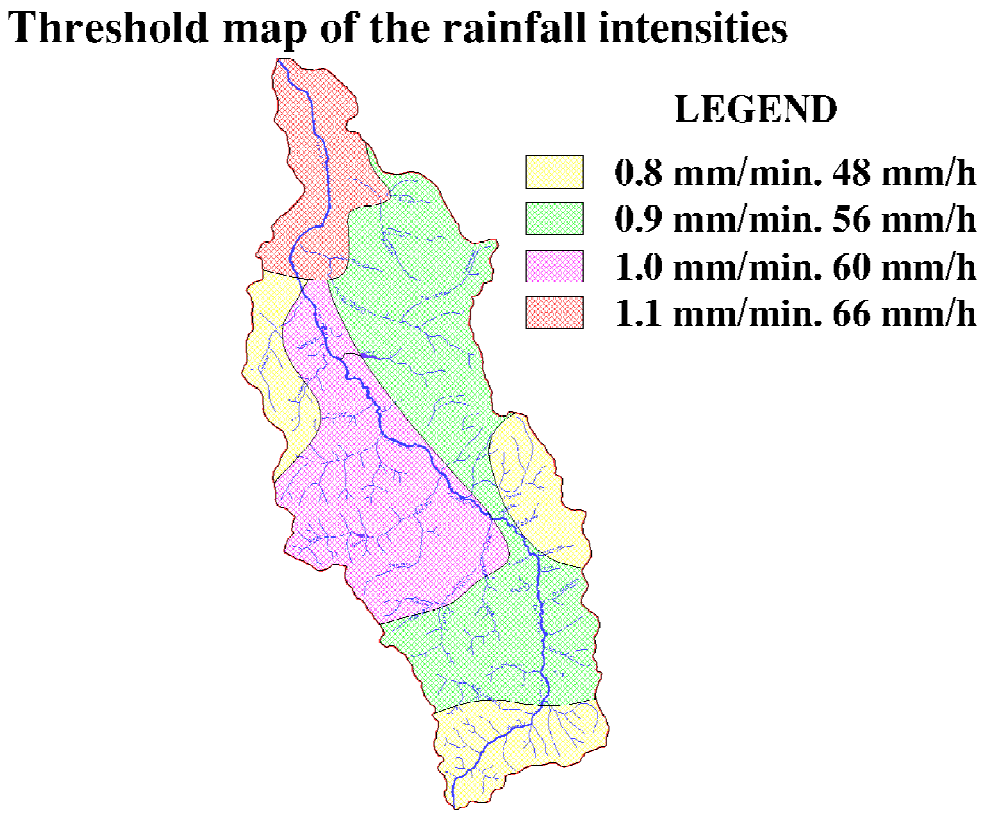


Figure 10: Predefined threshold map of dangerous rainfall intensities Test-Bed Topčider River

Conclusion

The advancement of monitoring, analytical and forecasting systems in meteorology can provide much data to all professions. When it comes to forecasting torrent floods, a significant amount of data is needed that has to be prepared beforehand.

The short onset of the atmospheric processes that lead to the generation of torrent flood waves devalues the forecast systems that are based on observed flows, because while more precise, they require at least a couple of hours, which are of great importance for torrent flood defense.

Pre-defined criteria of threshold rainfall intensities for the generation of torrent floods are a basis for meteorological radar centers for an advance warning, resulting in an addition of several hours for preparation of defenses.

References

1. Laws, J. O., (1941). Measurements of fall velocity of water drops and raindrops. Transactions of American Geophysics Union 22:709-721.
2. Laws, J. O., and D. A. Parsons, (1943). The relationship of raindrop-size to intensity. Transaction of American Geophysics Union 24:452-459

3. Gunn, R., and G. D. Kinzer, (1949). The terminal velocity of fall for water droplets. Journal of Meteorology 6:243- 248.
4. Gavrilović, S. (1957): Classification of Torrents in Grdelica Canyon and Quantitative Regime of Torrent-Borne Sediments Beograd. Special Issue pp. -176.
5. Gavrilović S. (1966): Methodology for Classification of Erosion Processes and Mapping of Eroded Areas. Stage 1. Beograd, Institut "Jaroslav Černi".
6. Gavrilović S. (1968): Proposed Classification of Torrents for the Water Management Plan of Yugoslavia" Beograd, Institut "Jaroslav Černi".
7. Gavrilović S. (1970): Contribution to the Methodology for Research in Erosion Plots In: International Seminar: Erosion, Torrents, and Alluvial Deposits, Beograd.
8. Mircchulava, C. E. (1970):, Inzhenernye metody rascheta I prognoza vodnoy erozizi, Moskva.
9. Gavrilović, S. (1972): Engineering of Torrents and Erosion. Izgradnja, special issue, Beograd. Special Issue pp. 1-294.
10. Hudson N. Soil Conservation, BT. Barsford Ltd. , London, (1973).
11. Bubenzer, G. D. (1979). Rainfall characteristics important for simulation. Pages 22-34 in Proceedings of the Rainfall Simulator Workshop, Tucson Arizona, March 7-9, 1979. U.S.
12. Meyer, L. D. and W. C. Harmon. (1979). Multiple- intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 22:100-103.
13. Miloš Holy, (1980): Erosion and Environment – Environmental Sciences and Applications, Volume 9, Pergamon Press.
14. Moore, Ian D., Michael C. Hirschi, and Billy J Barfield. (1983). Kentucky rainfall simulator. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 23:1085-1089.
15. Gavrilović, Z. (1988): The Use of an Empirical Method (Erosion Potential Method For Calculating Sediment Production and Transportation in Unstudied or Torrential Streams. International Conference on RIVER REGIME, 1988, Wallingford, England. pp. 411-422.
16. Gavrilović; Z. (1990): The Erosion Potential Method – Complex Methodology of Qualitative-Quantitative Classification of Erosion Processes Investigation Procedures, Mapping and Computations. Institute for the Development of Water Resources “Jaroslav Černi”, Belgrade. Special Issue pp. 1-25.
17. Gavrilović Z. - REWIEW OF DISASTROUS TORRENT FLOOD ON THE VLASINA RIVER OF 26 JUNE 1988, INCLUDING ANALYSIS OF FLOOD AND THE OBTAINED RESULTS. str.235-250, Springer-Verlag- edicija Lecture Notes in Earth Sciences Vol.37: Fluvial Hydraulics of Mountain Regions 1991.
18. Stefanović M., Gavrilović Z., Kocić Z. (2010). Methodology for assessment of threat and development of a General Plan for Disaster Management at the Local Level, Belgrade, USAID, pp. 6-8.
19. Gavrilović Z., Milojević M., Jurišić S.*:* Rain generators – important equipment in the field of erosion science, First Serbian Forestry Congress - future with forests, 11-13 November 2010, Faculty of Forestry University of Belgrade, Belgrade, Serbia, Congress Abstracts – p. 205, ISBN 978-86-7299-066-9, CD pp. 916-929, 2010.
20. Stefanović M., Gavrilović Z., Zlatanović N: Torrential Flood Monitoring and Real Time Alerting System in Serbia in Support of the Activation of Contingency Procedures, "MONITOR II - Practical Use of MONITORing in Natural Disaster Management - Final Conference", 14 May 2012, Innsbruck, Austria, Proceedings pp. 44-50, 2012.

Vypracovanie prvých plánov manažmentu povodňového rizika v geografických oblastiach určených prvým predbežným hodnotením povodňového rizika v územnej pôsobnosti SVP, š.p. OZ Banská Bystrica

Ing. Tomáš Ič
Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. Odštepný závod Banská Bystrica
tomas.ic@svp.sk

Abstrakt

Správca vodohospodársky významných vodných tokov na základe Vyhlášky MŽP SR č. 112/2011 Z. z. vypracúva plány manažmentu povodňového rizika pre jednotlivé čiastkové povodia Slovenska. Účelom plánov manažmentu povodňového rizika je určenie vhodných cieľov manažmentu povodňových rizík pre geografické oblasti, v ktorých existuje potenciálne významné povodňové riziko, alebo v ktorých možno predpokladať, že je pravdepodobný jeho výskyt. Ciele plánov manažmentu povodňového rizika sú zamerané na zníženie pravdepodobnosti záplav územia povodňami a na zníženie potenciálnych nepriaznivých následkov záplav na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť.
Príspevok opisuje postup správcu vodohospodársky významných vodných tokov SVP, š.p. OZ Banská Bystrica pri vypracovaní návrhu prvých plánov manažmentu povodňového rizika. Príspevok zároveň opisuje problémy, ktoré bolo nevyhnutné zo strany spracovateľa prvých plánov manažmentu povodňového rizika riešiť za účelom čo najefektívnejšieho návrhu protipovodňových opatrení v geografických oblastiach určených prvým predbežným hodnotením povodňového rizika.

Kľúčové slová: Predbežné hodnotenie povodňového rizika, Mapa povodňového rizika a mapa povodňového ohrozenia, Plán manažmentu povodňového rizika

1. Čo je plán manažmentu povodňového rizika

Správca vodohospodársky významných vodných tokov na základe Vyhlášky MŽP SR č. 112/2011 Z. z. vypracúva plány manažmentu povodňového rizika pre jednotlivé čiastkové povodia Slovenska. Účelom plánov manažmentu povodňového rizika je určenie vhodných cieľov manažmentu povodňových rizík pre geografické oblasti, v ktorých existuje potenciálne významné povodňové riziko, alebo v ktorých možno predpokladať, že je pravdepodobný jeho výskyt. Ciele plánov manažmentu povodňového rizika sú zamerané na zníženie pravdepodobnosti záplav územia povodňami a na zníženie potenciálnych nepriaznivých následkov záplav na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť.

Za oblasti s povodňovým rizikom sa v praktickom ponímaní rozumejú úseky vodných tokov a obce, v ktorých sa v minulosti povodeň vyskytla (potenciálne významné povodňové riziko), alebo úseky vodných tokov a obce, v ktorých sa v minulosti povodeň nevyskytla, ale vzhľadom na charakter toku a obce a ich vzájomnú polohu nie je vylúčený jej výskyt v budúcnosti (pravdepodobný výskyt potenciálne významného povodňového rizika).

2. Čo predchádza vypracovaniu prvých plánov manažmentu povodňového rizika

Vypracovaniu prvých plánov manažmentu povodňového rizika (do 22.12.2015) v zmysle zákona č. 7/2010 Z. z. (§ 5) o ochrane pred povodňami predchádzalo **prvé predbežné hodnotenie povodňového rizika**. V rámci tohto hodnotenia boli určené oblasti s potenciálne významným

povodňovým rizikom a oblasti s pravdepodobným výskytom potenciálne významného povodňového rizika. Vzhľadom na to, že v súčasnosti je povodňou ohrozená už prakticky každá obec, SVP, š.p. OZ Banská Bystrica prijal koncepciu určovania oblastí s povodňovým rizikom tak, že v rámci prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika boli navrhnuté lokality na hlavných tokoch čiastkových povodí Hrona, Ipľa a Slanej, t. j. na vodných tokoch najnižšieho rádu, ako aj na ich najväčších a najhlavnejších prítokoch z hľadiska významnosti, prietočnosti a so zohľadnením veľkosti rizika ohrozenia intravilánov obcí. Takýto postup bol zvolený aj z dôvodu, že pre následný krok v zmysle zákona o ochrane pred povodňami, ktorým bude vypracovanie máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika, a ktoré budú vyhotovené na základe matematického modelovania, bude potrebné vykonať letecké snímkovanie terénu, vyhotovenie geodetických podkladov na základe zamerania priečnych profilov vodných tokov a pod. Pre tieto činnosti je vhodné postupovať lineárne, t. j. po toku, čo zjednoduší aj samotný matematický model. Ďalším dôvodom zvoleného postupu je v prvom rade vypracovanie máp povodňového rizika a máp povodňového ohrozenia na hlavných a najväčších tokoch čiastkových povodí, pričom na základe týchto máp bude možné aj posudzovanie výstavby na pozemkoch priľahlých k vodnému toku v ďalšom období, a to aj vo vzťahu k územným plánom obcí. **SVP, š.p. OZ Banská Bystrica** v rámci prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika **navrhol 94 geografických oblastí z celkového počtu 559 lokalít v rámci všetkých čiastkových povodí**. Termín vypracovania prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika zákon určil do 22.12.2011.

Vypracovaniu prvých plánov manažmentu povodňového rizika má ďalej predchádzať aj vyhotovenie máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika (§ 6 a 7 zákona č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami). Termín ich dokončenia určuje zákon pre správcu vodohospodársky významných vodných tokov do 22.12.2013. Mapa povodňového ohrozenia by mala zobrazovať rozsah povodne ohraničený záplavovou čiarou, hĺbku vody a rýchlosť jej prúdenia. Na mape povodňového rizika bude takisto zobrazená záplavová čiara pri prietokoch s rôznou pravdepodobnosťou výskytu, ďalej údaje o počte ohrozených obyvateľov, druhy hospodárskych činností na povodňou ohrozenom území, lokality s priemyselnými činnosťami, ktoré môžu v čase povodne spôsobiť havarijné znečistenie, zdroje vody pre pitné účely a pod.

3. Účel a ciele plánu manažmentu povodňového rizika

Účelom plánu manažmentu povodňového rizika je navrhnúť **opatrenia na ochranu pred povodňami** v geografických oblastiach určených predbežným hodnotením povodňového rizika, v ktorých rozsah povodňového rizika ohraničuje záplavová čiara vyznačená v mape povodňového ohrozenia a v mape povodňového rizika.

V pláne manažmentu povodňového rizika sa zohľadňujú aj výdavky a prínosy navrhnutých opatrení, rozsah a trasy postupu povodní, územia s retenčným potenciálom ako prirodzené záplavové oblasti.

Vyhotovenie návrhov prvých plánov manažmentu povodňového rizika, ich prehodnocovanie a aktualizácie zabezpečuje Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) prostredníctvom poverenej osoby a správcu vodohospodársky významných vodných tokov (SVP, š.p.) v spolupráci s orgánmi ochrany pred povodňami, orgánmi územného plánovania, ostatnými dotknutými orgánmi štátnej správy, správcami drobných vodných tokov a s vlastníkmi, nájomcami a správcami poľnohospodárskej a lesnej pôdy.

4. Zásah do postupu určeného zákonom č. 7/2010 Z. z.

Po vypracovaní prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika bol zo strany MŽP SR uverejnený časový a vecný harmonogram prípravy návrhu prvých plánov manažmentu povodňového rizika pre jednotlivé čiastkové povodia. Jedným z bodov vecného a časového harmonogramu je v termíne do 10/2013 formulovať ciele manažmentu povodňového rizika a pracovný návrh konkrétnych opatrení na ich dosiahnutie, vrátane odhadu výdavkov na ich prípravu, realizáciu, prevádzku, údržbu a opravy počas celého predpokladaného obdobia ich životnosti. To znamená navrhnúť konkrétne protipovodňové opatrenia v jednotlivých geografických oblastiach (v prípade SVP, š.p. OZ BB v 94 obciach) aj s určením ceny týchto opatrení zohľadňujúcej výstavbu, prevádzku a údržbu opatrenia počas celej doby životnosti.

Podľa tohto harmonogramu je potrebné konkrétne protipovodňové opatrenia navrhnúť pred dokončením máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika!

5. Postup SVP, š.p. OZ Banská Bystrica pri návrhu protipovodňových opatrení

Vzhľadom na to, že bolo potrebné navrhnúť PPO vrátane odhadovanej ceny opatrenia pred vyhotovením máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika, SVP, š.p. OZ Banská Bystrica pristúpil k nasledovnému postupu pre návrh protipovodňových opatrení pre každú geografickú oblasť:

Základným princípom pre návrh protipovodňových opatrení v obciach určených prvým predbežným hodnotením povodňového rizika bolo navrhnúť opatrenie na ochranu intravilánu pred povodňami na návrhový prietok. Za návrhový prietok sa považuje prietok so strednou pravdepodobnosťou opakovania, t. j. prietok Q_{100} s bezpečnosťou. Základnou podmienkou pre návrh protipovodňových opatrení bolo zabezpečiť ochranu celého intravilánu obce pred vybrežením vody z vodného toku (vrátane prítokov).

Správca toku najskôr posúdil existujúci stav vodných tokov s nasledovnými cieľmi:

- **zistiť súčasný stav koryta vodného toku**, t. j. či na toku je vybudované protipovodňové opatrenie (korytová úprava, ochranná hrádza),
- **posúdiť súčasnú kapacitu koryta**, t. j. či koryto vodného toku postačuje na prevedenie návrhového prietoku s bezpečnosťou (hydrotechnické výpočty),
- **určiť rizikové miesta** (prítoky – spätné vzdutie, mosty, prekrytia a iné objekty ovplyvňujúce prietočnú kapacitu a odtokové pomery), ktoré by mohli spôsobiť vyliatie vody z koryta pri prechode návrhového prietoku.

Následne sa pristúpilo k **vypracovaniu projektových zámerov** pre jednotlivé obce (94 obcí = 94 projektových zámerov) s nasledovnými princípmi:

a) **na vodnom toku**

a1) bez upravených odtokových pomerov – návrh korytovej úpravy alebo ochrannej hrádze

a2) s existujúcimi upravenými odtokovýcmi pomermi – navýšenie alebo predĺženie protipovodňovej línie

b) **v povodí** – poldre, prehrádzky na zachytávanie splavenín a pod.

Pri návrhu protipovodňových opatrení boli brané do úvahy nasledovné aspekty:

- aby sa zabezpečila **kontinuálna ochrana intravilánu** danej obce v celom jej úseku **pre návrhový prietok** (Q_{100} s bezpečnosťou),
- v prípade, že existuje povodňové riziko v danej obci aj zaplavením z lokality nad, príp. pod obcou, je potrebné **opatrenie navrhnúť na celú dĺžku tak, aby sa minimalizovalo riziko vzniku povodne z vodného toku aj z úseku mimo zastavanej časti**,
- je nevyhnutné **brať do úvahy existujúcu zástavbu** v danej obci,
- v prípade už zrealizovaných protipovodňových línií je potrebné ich prehodnotenie tak, aby sa zabezpečila ochrana intravilánu pre prietok Q_{100} s bezpečnosťou 1,0 m v rámci okresných a krajských sídiel a s bezpečnosťou 0,5 m v rámci ostatných sídiel,
- v rámci návrhu opatrení je možné **uvažovať aj s odstraňovaním nánosov**, a to v úsekoch vodných tokov, kde v súčasnosti sú vybudované protipovodňové opatrenia ale tieto už nepostačujú na prevedenie návrhového prietoku s patričnou bezpečnosťou a uvedeným opatrením bude tento cieľ možné dosiahnuť (súčasťou navrhovaných opatrení môže byť aj odstraňovanie nánosov z korýt VT – príloha Vyhlášky MŽP SR č. 112/2011 o PMPR).

6. Postup pri odhadovaní výdavkov na prípravu, realizáciu, prevádzku, údržbu a opravy protipovodňových opatrení počas celého predpokladaného obdobia ich životnosti

Po vypracovaní návrhu protipovodňových opatrení sa pristúpilo k odhadu výdavkov na ich prípravu, realizáciu, opravy a údržby počas celého obdobia životnosti.

Oceňovanie navrhnutých PPO bolo zrealizované jednotným postupom v rámci celého SVP, š.p. na základe pravidiel dohodnutých na pracovnom rokovaní zástupcov jednotlivých OZ.

Doba životnosti opatrenia sa dorieši až po vypracovaní *Metodiky na odhadovanie výšky povodňových škôd spôsobených povodňami s rôznou priemernou dobou opakovania*, ktorú vypracúva Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava.

Pri oceňovaní navrhovaných protipovodňových opatrení bol pre všetky odštepné závody prijatý jednotný postup nasledovne:

- pri oceňovaní navrhovaných opatrení, na ktoré je vypracovaná projektová dokumentácia alebo projektový zámer z predchádzajúceho obdobia, je potrebné vychádzať z ceny uvedenej v projektovej dokumentácii, pričom výslednú cenu je potrebné prepočítať na cenovú úroveň roku 2012 použitím *„Indexu rastu cien stavebných prác podľa klasifikácie stavieb“*,
- pri oceňovaní navrhovaných opatrení bez PD (čiže nových PPO), budú použité jednotkové ceny podľa klasifikácie stavieb uverejnené v *„Zborníku ukazovateľov priemernej rozpočtovej ceny na mernú jednotku objektu UNIKA“*, ktorý každoročne vydáva Ústav stavebnej ekonomiky Bratislava,
- priemerná rozpočtová cena nezahŕňa vedľajšie rozpočtové náklady na prípravu stavby, preto rozpočtový náklad navrhovaného opatrenia sa navýši o 26,4 %,
- pri určovaní výšky nákladov na opravy a údržbu navrhovaných preventívnych PPO sa použije *Normatív opráv a údržby DHM* vypracovaný VÚVH Bratislava. Cena stavby navýšená o vedľajšie rozpočtové náklady sa prenásobí plánovou normou (percentom prislúchajúcim k skupine DHM) a tým sa určí ročný náklad na opravu a údržbu navrhovaného opatrenia.

7. Záver

Záverečným krokom na tejto dlhej ceste k dosiahnutiu návrhu bezpečného stavu v obciach určených prvým predbežným hodnotením povodňového rizika z hľadiska ochrany pred povodňami bude zapracovanie dosiahnutých výsledkov do plánov manažmentu povodňového rizika pre jednotlivé čiastkové povodia, ktoré budú zamerané na zníženie pravdepodobnosti záplav a na zníženie potenciálnych nepriaznivých následkov záplav na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť. V pláne manažmentu povodňového rizika sa okrem iného zohľadnia aj výdavky a prínosy navrhnutých opatrení na zníženie rizík výskytu povodní v budúcnosti s predpokladom ich budúcej realizácie, a to aj so zohľadnením poradia naliehavosti jednotlivých stavieb v závislosti od hodnoty povodňou ohrozeného majetku, ceny konkrétneho navrhovaného opatrenia a veľkosti povodňového rizika v danej lokalite.

Využitie revitalizačných opatrení v rámci spracovania návrhov prvých plánov manažmentu povodňového rizika

The exploitation of revitalization measures within the process of the first draft of flood risk management plans

Malinka, I., SVP, š.p., Odštepný závod Piešťany, ivan.malinka@svp.sk

Abstrakt
V príspevku som popísal využitie revitalizačných opatrení v protipovodňovej ochrane pri návrhu prvých plánov manažmentu povodňového rizika.

Abstract:

In the first draft of flood risk management plans I have described the exploitation of revitalization measures in the flood protection

Kľúčové slová:
povodne, revitalizačné opatrenia, plán manažmentu povodňového rizika, povodňový prietok, koryto, retencia, polder.

Key words:
floods, revitalization measures, flood risk management plan, flood flows, river bed, retention, polder

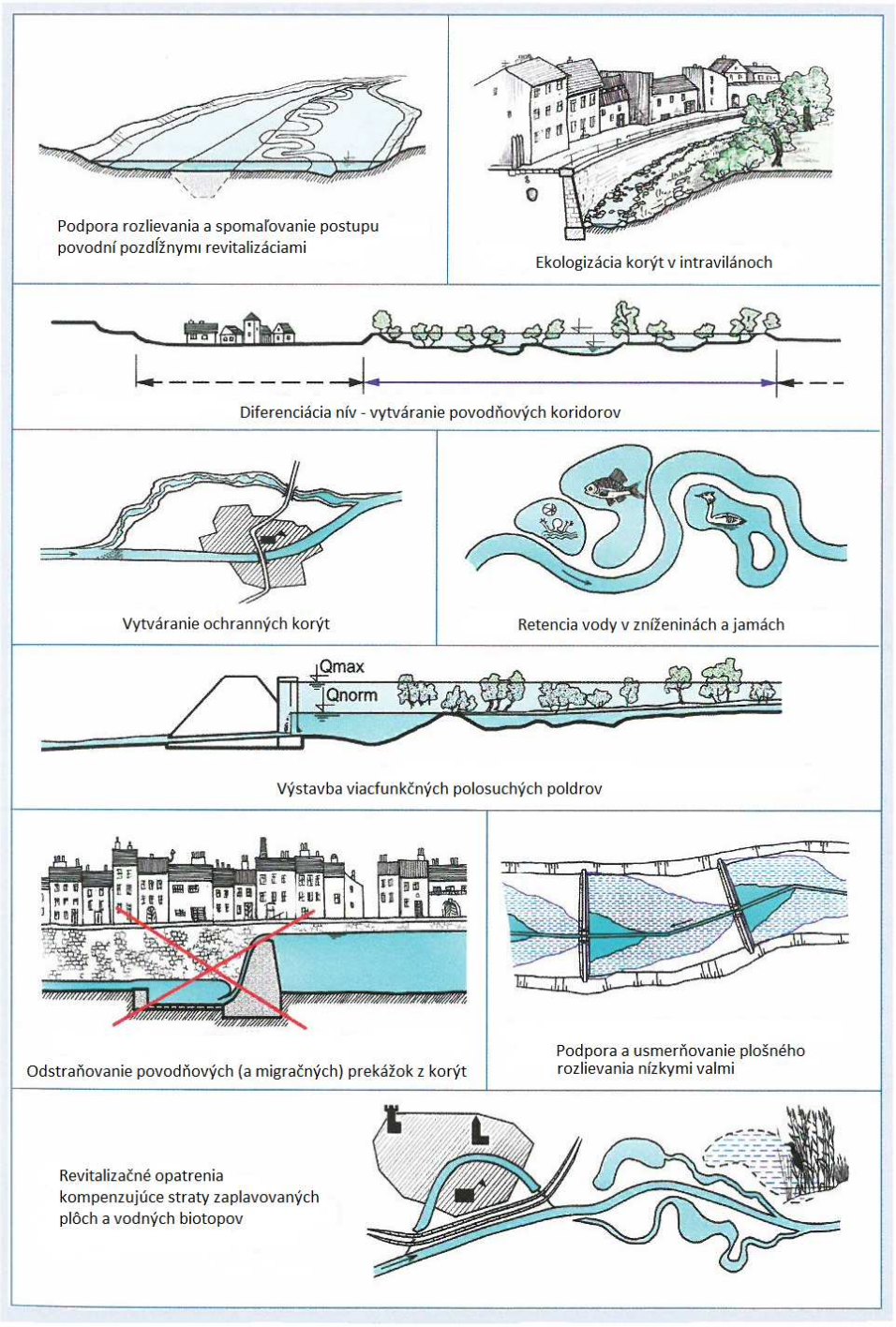
Revitalizačné opatrenia sa môžu v súvislosti s ochranou pred povodňami uplatňovať v troch rôznych pozíciách. Môžu priamo prinášať ochranné účinky tým, že spomaľujú postup povodňových vĺn korytami tokov, podporujú tlmivé rozlievanie povodní v nivách, zadržujú časti povodňových prietokov v hĺbených alebo hradených objektoch čiastočne prírodného charakteru alebo korytami prírode blízkeho charakteru odvádzajú povodňové prietoky mimo ohrozené oblasti. Druhý okruh predstavujú opatrenia ktoré iba zmäkčujú, sprírodňujú nevyhnutné technické protipovodňové objekty úpravy ako sú napríklad kapacitné korytá tokov v intravilánoch. Tretí okruh tvoria kompenzačné revitalizačné opatrenia. Vznikajú ako náhrada za ujmy na prírodnom prostredí alebo na priestoroch prirodzeného rozlievania povodní, ku ktorým dochádza pri budovaní nevyhnutných technických protipovodňových opatrení.

Do úvahy prichádzajú predovšetkým nasledujúce opatrenia, posilňujúce prirodzený ráz korýt vodných tokov a nív a súčasne prispievajúce k protipovodňovej ochrane:

- Podpora prirodzeného tlmivého rozlievania povodní v nive a spomaľovanie ich postupu. Základným opatrením je nahradenie neprirodzene kapacitného technicky upraveného koryta korytom bližším prírode, ktoré má významne väčšiu drsnosť a menšiu prietočnú kapacitu.
- Revitalizačné úpravy kapacitných korýt v intravilánoch a iných ochraňovaných územiach. Cieľom je zaistiť kapacitnému korytu aspoň základnú ekologickú hodnotu.
- Obnova povodňovo prietočných potočných a riečnych pásiem. Diferenciácia nív na prírode blízke povodňové koridory a na plochy viac chránené pred zaplavovaním. Zmeny hrádzových systémov, predovšetkým odsadzovanie ochranných hrádzí ďalej od vodného toku.
- Vytváranie prírode blízkych ochranných korýt pre odvedenie alebo obtok povodňových prietokov.
- Podpora povodňovej retencie v nivách hĺbením objemných znížení (vrátane obnovy alebo napodobovania prirodzených retenčných prvkov – starých ramien a jám.
- Zadržovanie časti povodňových vôd vo viacfunkčných, polosuchých poldroch.
- Odstraňovanie povodňových prekážok, ktoré sú spravidla aj migračnými prekážkami (hate, stupne).

- Podpora a usmerňovanie plošného rozlievania a spomaľovania povodní nízkymi zemnými valmi.
- Revitalizačné opatrenia kompenzujúce nepriaznivé dopady technických protipovodňových opatrení na prirodzené rozlievané plochy a na prírodu – vytváranie náhradných retenčných priestorov prírodného charakteru a náhradných biotopov.

Vyššie uvedené opatrenia sa môžu vhodne kombinovať a dopĺňať.



Rôzne spôsoby uplatnenia prístupov revitalizácií a prírode blízkeho vodného staviteľstva v ochrane pred povodňami

Po dobrých skúsenostiach so znížením povodňových prietokov nedávno vybudovaným poldrom Lehota pod Vtáčnikom na Suchom potoku v okrese Prievidza (uvedený do prevádzky v r. 2004) a sústavou poldrov Turčianska Štiavnička, Polder Za tehelňou a Polder Pod skalou vybudovaných v rámci stavby „Sučany – úprava odtokových pomerov Sučianskeho potoka“ v okrese Martin (uvedené do prevádzky v r. 2005) sa poldre resp. rekonštrukcia už dávnejšie vybudovaných poldrov navrhuje aj v súčasnosti spracovávanom návrhu prvých plánov manažmentu povodňového rizika.

V rámci návrhu, obsahujúcemu 195 oblastí, sa uvažuje s vybudovaním 20 nových poldrov a rekonštrukciou jedného už vybudovaného poldra.
S ďalšími vyššie uvedenými revitalizačnými opatreniami sa v riešenom návrhu neuvažuje. Na zvýšenie retenčnej kapacity územia sa navrhujú ešte vodozádržné opatrenia na lesnej pôde (prehrádzky) a poľnohospodárskej pôde (vytvorenie remízok, vsakovacích pásov popri tokoch, orba po vrstevnici, ...).

V budúcnosti však bude zrejme nevyhnutné využívať aj ostatné revitalizačné opatrenia ako významnú súčasť komplexných opatrení k ochrane pred povodňami v podmienkach pôsobnosti Rámcovej smernice EU o vodách ako sa to už v súčasnosti deje vo vodohospodársky pokročilejších krajinách EU (Nemecko, Švajčiarsko, Rakúsko , Dánsko, Holandsko, ...). Zároveň bude pri tom potrebné dodržiavať aj závery Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík. Takto ponímané tesné previazanie revitalizácií a protipovodňovej ochrany bude súčasťou plánov manažmentu povodí a v koordinácii s ostatnými nástrojmi plánovania územia, najmä s projektmi pozemkových úprav, územných plánov a lesných hospodárskych plánov budú spoločne tvoriť nástroj integrovaného manažmentu krajiny na celej ploche správneho územia povodia.

Na základe skúseností z hydrologických javov za posledné obdobie je žiaduce zvyšovať mieru ochrany územia pred nepriaznivými účinkami povodní. Zvýšenie ochrany územia bude možné dosiahnuť len v spolupráci viacerých odvetví. Bude nutné zapojiť poľnohospodárstvo, lesy, samosprávu, vodohospodárov... Je potrebné vytvoriť finančné prostriedky a možno aj právne a legislatívne zmeny, aby bolo možné tieto opatrenia účinne v praxi aplikovať. Je isté, že povodniam sa zabrániť nedá, ale zmierňovať ich dôsledky je možné. Historické prietoky na mnohých tokoch Slovenska znovu pripomenuli, že voda potrebuje svoj priestor a bez rešpektovania tohto javu naše spolužitie s ňou bude ťažké. Z tohto pohľadu sa ako dôležité a zároveň dostupné „opatrenie“ javí dôsledné dodržiavanie ochrany inundačných území v rámci posudzovania územnoplánovacej dokumentácie.

Zoznam literatúry:

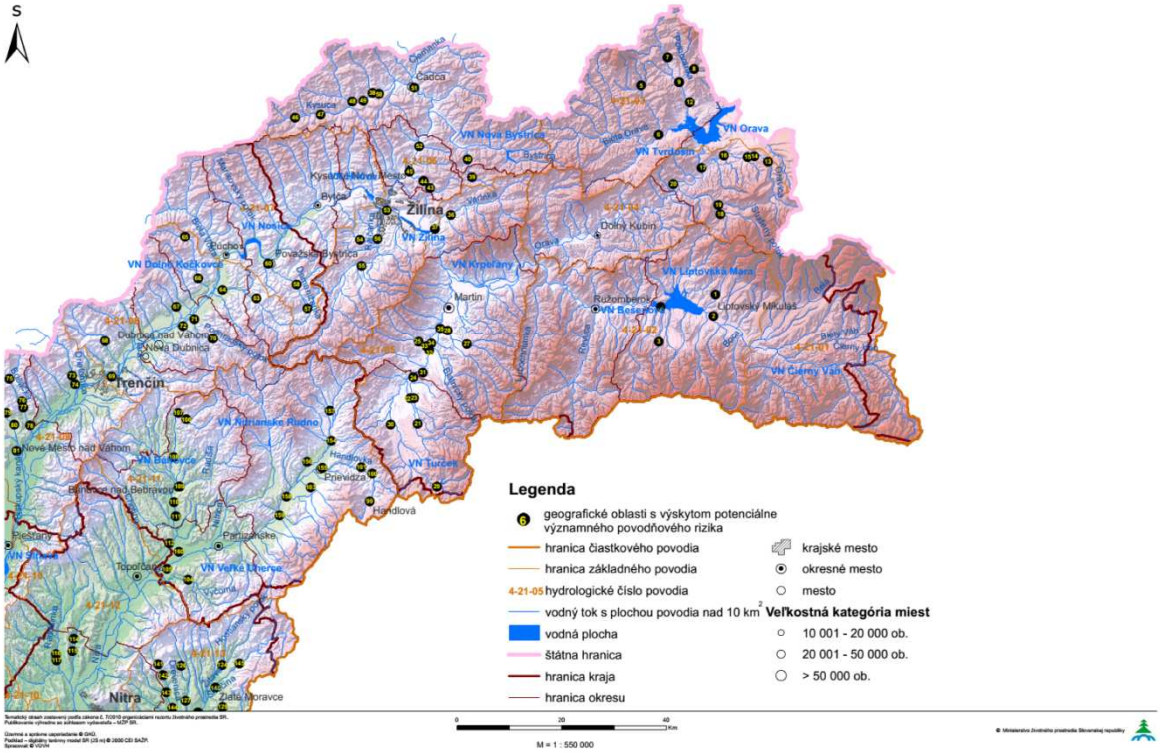
T. Just a kol.2005. Vodohospodářske revitalizace a jejich uplatnění v ochrane pred povodněmi.

Zákon č. 7/2010, Z.z. o ochrane pred povodňami

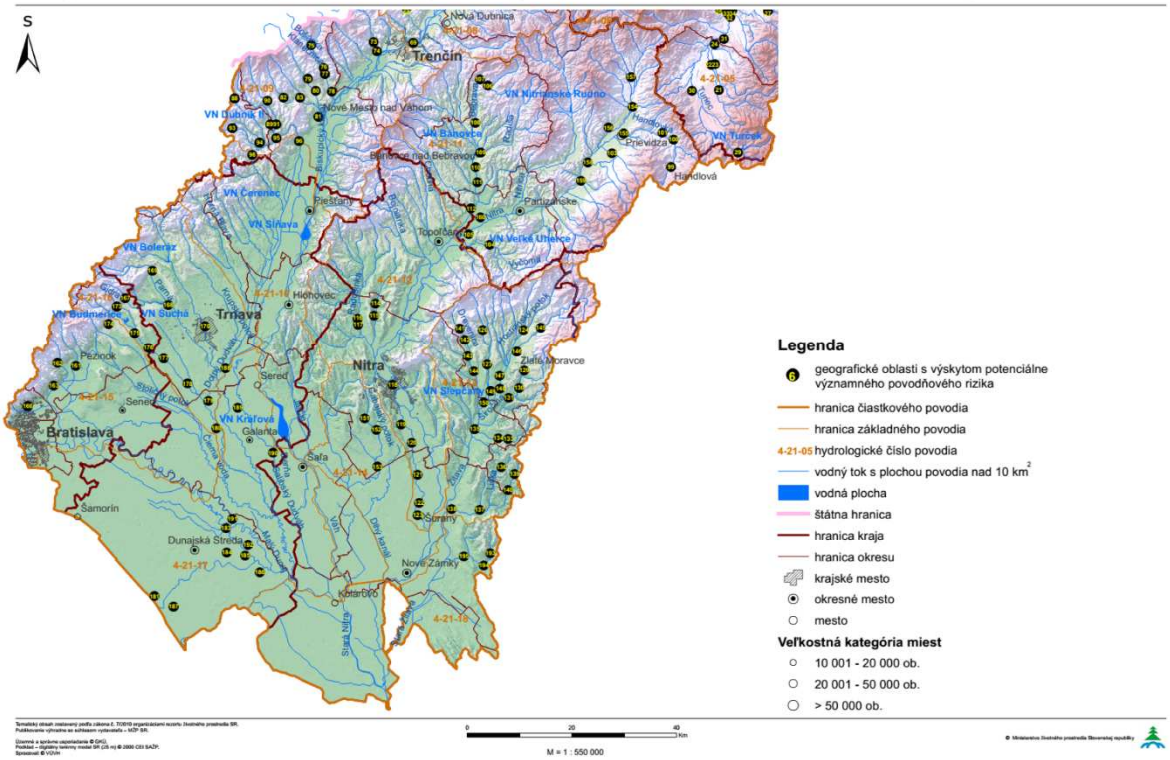
Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES z 23. 10. 2000 pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. 10. 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík.

Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom v čiastkovom povodí Váhu



Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom v čiastkovom povodí Váhu



Tvorba prvého plánu manažmentu povodňových rizík v podmienkach SVP, š. p., OZ Košice

Ing. Stanislav Dobrotka, SVP š. p., OZ Košice, stanislav.dobrotka@svp.sk

Abstrakt

Európska únia prijatím Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík ustanovila základné pravidlá v otázke ochrany pred povodňami vo všetkých členských štátoch. Podľa predpísaného harmonogramu v súčasnosti prebiehajú práce na príprave prvého plánu manažmentu povodňových rizík (PMPR), ktorý na plánovacie obdobie do roku 2021 stanoví priority smerovania ochrany pred povodňami v rozvojovom pláne investícií Slovenského vodohospodárskeho podniku. Príprava tak rozsiahleho plánovacieho dokumentu so sebou však prináša množstvo problémov ako napr. chýbajúce technické podklady, spoľahlivosť jestvujúcich podkladov, materiálno-technické a personálne zabezpečenie vykonávaných činností a podobne. Príspevok popisuje prvú etapu tvorby PMPR pre čiastkové povodia spravované SVP š.p., OZ Košice a prezentuje aj pracovný návrh konkrétnych protipovodňových opatrení pre vybrané oblasti.

Kľúčové slová

plán manažmentu povodňových rizík, čiastkové povodia, protipovodňové opatrenia,

Abstract

European Union by adoption of Directive of European Parliament and Council 2007/60/EC of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks established the ground rules for the issue of flood protection in all member states . According to the prescribed schedule of work the preparation of the first Flood Risk Management Plan (FRMP) is began, which will prioritize the course of flood protection in the development plan of investments of the Slovak Water Management Enterprise within the planning period till 2021. Preparation of such comprehensive planning document , however, brings a number of problems such as lack of technical documentation, reliability of existing documents, material- technical and personnel support of the activities etc. . This paper describes the first phase of first FRMP for sub-basins administered by Slovak Water Management Enterprise, BO Košice, and presents a working draft of specific flood protection measures for the selected area .

Keywords

flood risk management plan, sub-basins, flood protection measures

Legislatívny rámec

Plány manažmentu povodňového rizika (PMPR)

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík, implementovaná do právneho systému SR zákonom č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami, ukladá členským štátom zabezpečiť dokončenie návrhu prvých plánov manažmentu povodňového rizika do 22. decembra 2015.

Plán manažmentu povodňového rizika, v zmysle § 8 zákona č. 7/2010 Z.z. o ochrane pred povodňami, určuje vhodné ciele manažmentu povodňových rizík pre geografické oblasti čiastkového povodia, ktoré sa nachádzajú v správnom území povodia na území Slovenskej republiky, v ktorých existuje potenciálne významné povodňové riziko alebo v ktorých možno predpokladať, že je pravdepodobný jeho výskyt. Ciele plánu manažmentu povodňového rizika sú zamerané na zníženie pravdepodobnosti záplav územia povodňami a na zníženie potenciálnych nepriaznivých následkov záplav na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť.

Plán manažmentu povodňového rizika obsahuje opatrenia na dosiahnutie cieľov manažmentu povodňových rizík. S prihliadnutím na prírodné vlastnosti jednotlivých povodí alebo čiastkových povodí sa zaoberá všetkými časťami manažmentu povodňového rizika so zameraním na prevenciu, ochranu, pripravenosť vrátane predpovedí povodní a systémov včasného varovania.
Plán manažmentu povodňového rizika môže zahŕňať aj podporu postupov trvalo udržateľného využitia pôdy, zlepšenie zadržiavania vody, rovnako ako aj riadené záplavy určitých oblastí pri povodni.

Obsahuje návrhy na realizáciu preventívnych opatrení, ktoré:

a) majú odhadnuté výdavky na prípravu, realizáciu, prevádzku, údržbu a opravy počas celého predpokladaného obdobia ich životnosti nižšie, ako sú odhadnuté povodňové škody, ktoré by mohli spôsobiť povodne na dotknutom území bez realizácie preventívnych opatrení počas rovnakého obdobia,
b) nezhoršia kvantitatívny stav podzemných vôd,
c) nevytvoria nadmernou umelou akumuláciou podzemnej vody a vody v pôde podmienky na zrýchlenie povrchového odtoku alebo podpovrchového odtoku zo svahu,
d) nepodporia vznik procesu vodnej erózie pôdy a ani neumožnia rozširovanie vodnej erózie pôdy.

Vyhotovenie návrhov prvých plánov manažmentu povodňového rizika, ich prehodnocovanie a aktualizácie zabezpečuje MŽP SR prostredníctvom správcu vodohospodársky významných tokov a ďalších právnických osôb, ktorých je zakladateľom alebo zriaďovateľom.

Mapy povodňového ohrozenia a Mapy povodňového rizika (MPO a MPR)

Plány manažmentu povodňového rizika zákon č. 7/2010 Z.z. o ochrane pred povodňami ukladá vypracovať na základe máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika spracovaných pre čiastkové povodia, ktoré majú byť dokončené do 22.decembra 2013.

Keďže mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika sa vypracovávajú pre každú geografickú oblasť, v ktorej existuje potenciálne významné povodňové riziko alebo v ktorej možno predpokladať, že je pravdepodobný výskyt povodňového rizika ako prvý krok procesu smerujúceho k vypracovaniu prvých plánov manažmentu povodňového rizika sa vykonalo predbežné hodnotenie povodňového rizika vo všetkých čiastkových povodiach.

Predbežné hodnotenie povodňového rizika a jeho výsledky

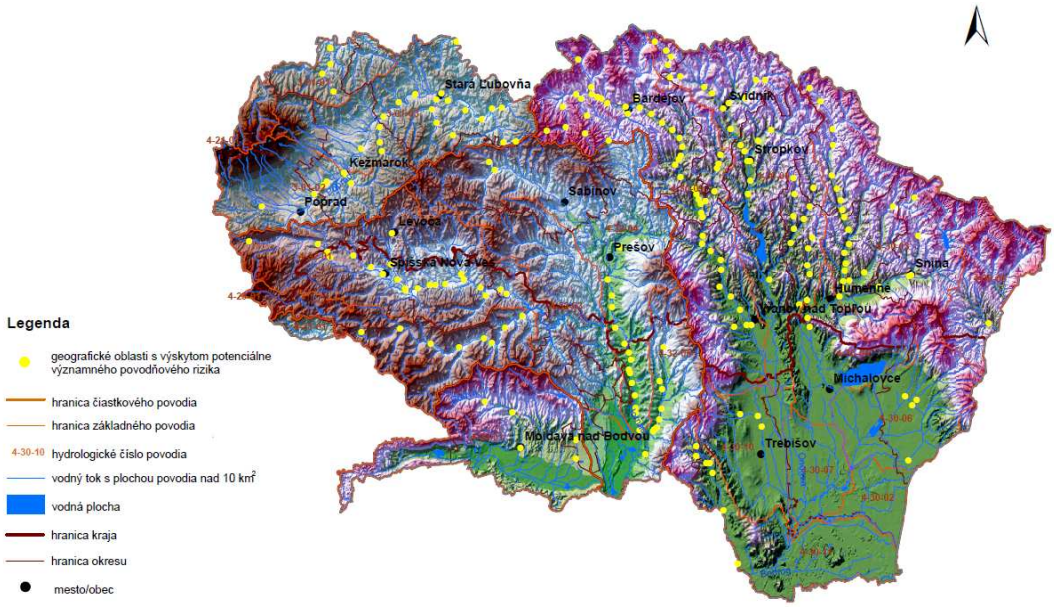
Vypracovanie prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika zabezpečovalo Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky prostredníctvom Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., Banská Štiavnica ako správcu vodohospodársky významných vodných tokov a ďalších právnických osôb, ktorých je zakladateľom alebo zriaďovateľom.

Prvé predbežné hodnotenie povodňového rizika na celom území SR bolo vykonané do 22. decembra 2011, v súlade s vyhláškou č. 313/2010 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o predbežnom hodnotení povodňového rizika, a o jeho prehodnocovaní a aktualizovaní.

Podkladmi pri jeho spracovaní boli informácie, ktoré boli dostupné alebo ich bolo možno ľahko získať.

Po analýze dostupných informácií bolo v správnych územiach povodí a v čiastkových povodiach na území SR identifikovaných spolu 559 oblastí (1 286,445 km) s výskytom významného povodňového rizika, z toho:

a) 378 geografických oblastí, v ktorých existuje potenciálne významné povodňové riziko,
b) 181 geografických oblastí, v ktorých možno predpokladať, že je pravdepodobný výskyt významného povodňového rizika.
Výsledky prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika za celé územie SR sa nachádzajú na internetovej stránke MŽP :
http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnami/manazment-povodnovych-rizik/



Obr. 1 Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom na území spravovanom SVP š.p. OZ Košice

V jednotlivých čiastkových povodiach v správe SVP š.p., OZ Košice bolo v rámci prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika identifikovaných spolu 222 geografických oblastí a ich prehľad je nasledovný :
č.p. Bodrog 129 oblastí
č.p. Hornád 57 oblastí
č.p. Bodva 5 oblastí
č.p. Dunajec a Poprad 31 oblastí

Potrebné je však uviesť, že výsledky prvého predbežného hodnotenia nezahŕňajú všetky lokality, v ktorých je potrebné riešiť protipovodňové opatrenia. Napríklad na území spravovanom SVP š.p., OZ Košice sú to oblasti pri súvisle ohradzovaných úsekoch tokov Východoslovenskej nížiny, kde síce priľahlé územie je chránené ochrannými hrádzami, avšak tieto v súčasnosti nezabezpečujú v plnom rozsahu požadovaný stupeň ochrany (Q 100). Taktiež tu nie sú zahrnuté oblasti, pre ktoré úž v predchádzajúcom období boli na OZ Košice spracované Mapy povodňového ohrozenia a Mapy povodňového rizika. Jedná sa o niektoré úseky hlavných tokov povodia Hornádu.

Začiatok prác na Plánoch manažmentu povodňového rizika (PMPR)

Pre oblasti, v ktorých boli identifikované existujúce alebo potenciálne povodňové riziká, na základe vyhodnotenia informácií získaných z predbežného hodnotenia povodňového rizika, máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika je potrebné stanoviť vhodné ciele manažmentu povodňových rizík a najneskôr do 22. decembra 2015 vypracovať plány manažmentu povodňových rizík, ktoré budú obsahovať konkrétne opatrenia na zníženie nepriaznivých dôsledkov povodní zoradené podľa poradia naliehavosti ich realizácie.
Samotný proces spracovania PMPR bolo však potrebné rozčleniť do niekoľkých časových etáp. Návrh časového a vecného harmonogramu bol predmetom diskusií na rokovaniach PS 5 „Povodne“. Vecný obsah bol daný Prílohou č.1 k Vyhláške MŽP SR č. 112/2011 Z. z. „ Obsah prvého plánu manažmentu povodňového rizika „ .
Po podrobnej diskusii o jednotlivých krokoch prípravy prvých plánov manažmentu povodňového rizika a ich vzájomných súvislostiach sa nakoniec dohodol časový a vecný harmonogram, ktorý MŽP SR v zmysle zákona č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami uverejnilo do 22. 12. 2012. Na rokovaniach PS 5 „Povodne“ bolo tiež dohodnuté, že SVP š.p., OZ Košice spracuje v predstihu tzv. Pilotný PMPR povodia Bodvy tak, aby tento slúžil ako vzorový materiál pre ostatné čiastkové povodia. Pilotný PMPR povodia Bodvy bol spracovaný vo februári 2013 a následne bol prezentovaný koordinátorom spracovania PMPR ostatných čiastkových povodí . Zároveň bol dohodnutý ďalší postup prác na kapitolách, ktorých spracovateľom je SVP a vyriešila sa tiež koordinácia aktivít ďalších spolupracujúcich organizácií (VÚVH,SHMÚ,VV,..) podieľajúcich sa na vypracovaní PMPR. MŽP SR určil , že za zostavenie finálnej verzie PMPR bude zodpovedný VÚVH, kde bude určená osoba, ktorej bude SVP a ostané spolupracujúce organizácie zasielať svoje spracované podkapitoly .

Na SVP š.p., OZ Košice bola pre proces spracovania PMPR za účelom efektívneho spracovania jednotlivých kapitol zriadená pracovná skupina, v ktorej boli zastúpení pracovníci všetkých štyroch odborov technicko-prevádzkového úseku – odboru vodohospodárskeho rozvoja a plánovania, odboru prevádzky a dispečingu, odboru vodohospodárskych laboratórií a ekológie vodných tokov a odboru inžinierskych činností.
Okrem pracovníkov odštepného závodu boli do procesu spracovania PMPR zapojení aj pracovníci Správ povodí, hlavne úsekoví technici, ktorí najdetailnejšie poznajú terén, v ktorom jednak hodnotili povodňové situácie minulých rokov a realizované opatrenia na tokoch ale aj predkladali prvé technické návrhy nových protipovodňových opatrení.
V prvej etape, ktorá bola v súlade s časovým a vecným harmonogramom ukončená do 31.10.2013, bola na SVP š.p., OZ Košice pre všetky štyri spravované čiastkové povodia spracovaná formulácia cieľov manažmentu povodňových rizika a pracovný návrh konkrétnych opatrení na ich dosiahnutie, vrátane odhadu výdavkov na ich prípravu, realizáciu, prevádzku, údržbu a opravy počas celého predpokladaného obdobia ich životnosti.
Výstupom je pracovný návrh preventívnych protipovodňových oparení pre 222 oblastí, ktoré boli identifikované v predbežnom hodnotení povodňového rizika a pre 29 oblastí z povodia Hornádu, v ktorých bolo povodňové riziko identifikované už v minulosti a pre ktoré už má SVP š.p., OZ Košice spracované Mapy povodňového ohrozenia a Mapy povodňového rizika.

Podklady pre spracovanie PMPR

Ako podklady pre pracovný návrh opatrení boli použité :

- Projektové dokumentácie pre prípravu investičných akcií resp. opráv a údržby
- Vodohospodárske štúdie tokov
- Zamerania vodných tokov – geodeticko-hydrografické pasporty
- Digitálny terénny model
- Ortofotomapy
- Prieskum o tokoch v intravilánoch miest a obcí
- Hydrologické údaje (vypočítané z regionálnych vzorcov a odvodené na rôznej úrovni presnosti a aktuálnosti)
- Doteraz spracované Mapy povodňového ohrozenia (vybrané úseky hlavných tokov povodia Hornádu)
- Informácie z povodní

Pri spracovaní konkrétnych návrhov sa však potvrdili počiatočné obavy spracovateľov, že pre niektoré riešené oblasti sa dajú tieto dostupné podklady využiť ako takmer postačujúce, avšak pre väčšinu identifikovaných oblastí nebudú mať potrebné podklady k dispozícii.
Najviac chýbali hydrologické údaje, presnejší DTM ale hlavne MPO a MPR.
Bez MPO nie je možné presnejšie určiť jednak rozsah zaplaveného územia a počet povodňou ohrozovaných obyvateľov ale následne ani rozsah navrhovaného opatrenia. Hydrologické údaje a DTM zas určujú technické parametre jednotlivých opatrení a následne výrazne ovplyvňujú aj odhad výdavkov na ich prípravu a realizáciu.
Aj napriek uvedenému nedostatku relevantných podkladov, sa začali rodiť prvé konkrétne návrhy, ktoré vychádzali jednak z uvedených dostupných podkladov ale veľa krát aj z odborných odhadov pracovníkov SVP. Protipovodňovú ochranu jednotlivých lokalít sme sa snažili podľa možností riešiť nielen priamym zásahom do toku ale komplexne súborom opatrení zasahujúcich aj do povodia.
V návrhoch boli v rôznych kombináciách použité nasledujúce typy opatrení na ochranu pred povodňami :

- Vodná nádrž
- Úprava toku
- Ochranné hrádze
- Poldre
- Prehrádzky
- Stabilizácia koryta toku sústreďovacími stavbami
- Rekonštrukcia existujúcich úprav a ochranných hrádzí na Q100
- Prestavba mostných objektov s nedostatočnou kapacitou
- Priečna stavba na vybudovanie cielenej záplavy
- Ponechanie územia na prirodzenú retenciu
- Vybudovanie stavidla na odľahčenie prietokov
- Zariadenia na prečerpávanie vnútorných vôd
- Údržba tokov - odstránenie nánosov z korýt a porastov z brehov vodných tokov
- Lesohospodárske a pôdohospodárske opatrenia v povodí

Súhrn všetkých navrhovaných preventívnych opatrení je uvedený v tabuľke č. 6.1. v zmysle Prílohy č. 1 Vyhlášky MŽP SR č. 112/2011 Z. z. a to v členení podľa § 4 ods. 2 písm. a) až e) zákona o vodách.

a) *opatrenia, ktoré spomaľujú odtok vody z povodia do vodných tokov,* zvyšujú retenčnú schopnosť povodia alebo podporujú prirodzenú akumuláciu vody v lokalitách na to vhodných a ktoré chránia územie pred zaplavením povrchovým odtokom, ako sú úpravy v lesoch, úpravy na poľnohospodárskej pôde a úpravy na urbanizovaných územiach,
b) *opatrenia, ktoré zmenšujú maximálny prietok povodne,* ako je výstavba, údržba, oprava a rekonštrukcia vodných stavieb a poldrov,

c) *opatrenia, ktoré chránia územie pred zaplavením vodou z vodného toku*, ako je úprava vodných tokov, výstavba, údržba, oprava a rekonštrukcia ochranných hrádzí alebo protipovodňových línií pozdĺž vodných tokov
d) *opatrenia, ktoré chránia územie pred zaplavením vnútornými vodami*, ako je výstavba, údržba, oprava a rekonštrukcia zariadení na prečerpávanie vnútorných vôd,
e) *opatrenia, ktoré zabezpečujú prietokovú kapacitu koryta vodného toku*, ako je odstraňovanie nánosov z koryta vodného toku a porastov na brehu vodného toku.

Okrem tohto členenia bolo pre potreby reportingu PMPR v tabuľke 6.1. potrebné prepojiť nami navrhované opatrenia s opatreniami podľa pripojeného katalógu EÚ cez tzv. kód opatrenia podľa katalógu EÚ.
Opatrenia uvedené v tabuľke č.6.1. sú graficky znázornené aj v mapovej prílohe, ktorá bola vytvorená na podklade vodohospodárskej mapy mierky 1:50 000.

Pracovný návrh opatrení Plánu manažmentu povodňového rizika

Čiastkové povodie Bodvy

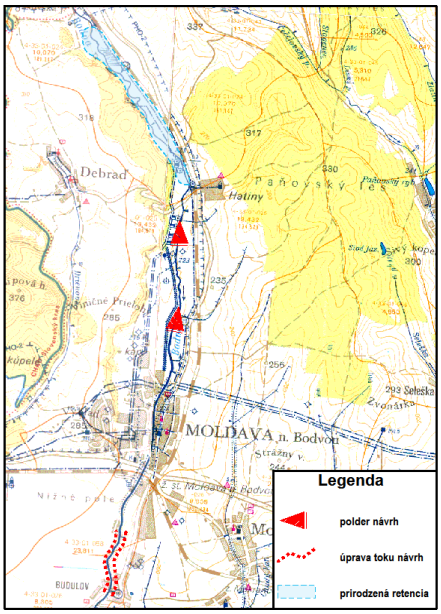
Charakteristika povodia:
- prevažná časť povodia má nížinný charakter
- nižšie kulminačné prietoky, povodne v nížinných územiach
- plocha povodia 891,3 km^2 .

Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom v čiastkovom povodí Bodvy: **Ida** (Košice – Šaca, Veľká Ida), **Bodva** (Medzev, Jasov, Moldava nad Bodvou).

Významnejšie navrhované opatrenia:

Oblasť Moldava nad Bodvou
- sústava dvoch poldrov nad mestom Moldava nad Bodvou
- v miestnej časti Budulov usmerniť vodný tok, rozšíriť jeho koryto, opevniť svahy koryta toku
- územie medzi mestom Moldava nad Bodvou a Jasovom na toku Bodva, v ktorom vodný tok prirodzene meandruje, navrhujeme vzhľadom na prípustné minimálne povodňové škody za vhodné na prirodzenú transformáciu povodňových vĺn.

Celkové odhadované náklady: 6 019,531 tis. €



Súhrn všetkých navrhovaných preventívnych opatrení v čiastkovom povodí Bodvy

Opatrenie	Počet objektov	Dĺžka v km	Náklady na rok v tis.€	Odhadované náklady v tis. €
Prehrádzky	8	-	-	600,000
Vodná nádrž	1	-	-	22 300,000
Poldre, cielené záplavy	2	-	-	5 200,000
Úpravy, ochranné hrádze, stabilizácie koryta toku	-	5,800	-	6 200,000
Prebudovanie mostov a lávok	5	-	-	500,000
Údržba toku	-	11,400	13,680	
Spolu				**34 800,000**

Čiastkové povodie Dunajca a Popradu

Charakteristika povodia:
- členité územie s veľkými výškovými rozdielmi
- z hľadiska odvádzania kulminačných prietokov problematická jeho pravostranná časť tvorená výlučne flyšovými pohoriami
- dochádza k častým, náhlym a ničivým povodniam
- špecifikom v jarnom období je tvorenie ľadových zátarasov
- plocha povodia 1594 km^2 .

Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom v čiastkovom povodí Dunajca a Popradu: **Rieka** (Reľov, Spišské Hanušovce, Matiašovce, Spišská Stará Ves), **Ľubica** (Ľubica, Kežmarok), **Holumnický potok** (Ihľany, Jurské, Holumnica), **Jakubianka** (Jakubany, Nová Ľubovňa, Stará Ľubovňa), **Šambronka** (Šambron, Plavnica), **Hradlová** (Kyjov, Pusté Pole), **Poprad** (Svit, Poprad, Veľká Lomnica, Huncovce, Kežmarok, Krížová Ves, Podolínec, Nižné Ružbachy, Hniezdne, Stará Ľubovňa, Chmeľnica, Plaveč, Orlov, Mníšek nad Popradom).

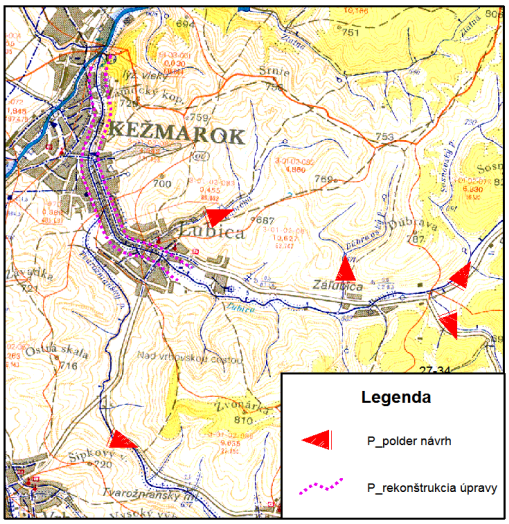
Významnejšie navrhované opatrenia:

Oblasť Stará Ľubovňa
- realizácia ochranných hrádzí na toku Poprad
- rekonštrukcia úpravy potoka Jakubianka
- lesohospodárske a pôdohospodárske opatrenia v povodí potoka Jakubianka

Celkové odhadované náklady: 7 401,060 tis. €

Oblasť Kežmarok a Ľubica
- realizácia sústavy piatich poldrov v hornom povodí potoka Ľubica
- oprava a údržba existujúcej úpravy toku Ľubica
- lesohospodárske a pôdohospodárske opatrenia v povodí potoka Ľubica

Celkové odhadované náklady: 16 604,334 tis. €



Súhrn všetkých navrhovaných preventívnych opatrení v čiastkovom povodí Dunajca a Popradu

Opatrenie	Počet objektov	Dĺžka v km	Náklady na rok v tis.€	Odhadované náklady v tis. €
Prehrádzky	43	-	-	3 400,000
Vodná nádrž	1	-	-	15 400,000
Poldre, cielené záplavy	8	-	-	24 300,000
Úpravy, ochranné hrádze, stabilizácie koryta toku	-	20,095	-	30 200,000
Prebudovanie mostov a lávok	5	-	-	2 000,000
Údržba toku	-	53,305	63,966	
Spolu				**75 300,000**

Čiastkové povodie Hornádu

Charakteristika povodia:
- mimoriadne členité povodie
- najnižšie kulminačné prietoky v krasovej oblasti
- najväčšie kulminačné prietoky - toky odvodňujúce flyšové územia
- náhle a čoraz pustošivejšie povodne z búrkových lejakov
- plocha povodia 4414 km^2.

Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom v čiastkovom povodí Hornádu: **Brusník** (Letanovce, Smižany), **Levočský potok** (Levoča, Harichovce, Spišská Nová Ves, Markušovce), **Branisko** (Spišské Vlachy), **Hnilec** (Hnilec, Nálepkovo, Švedlár, Mníšek nad Hnilcom, Helcmanovce, Prakovce, Gelnica, Jaklovce), **Kučmanovský potok** (Šarišské Dravce, Torysa), **Šebastovka (**Prešov), **Sekčov** (Prešov, Ľubotice, Fintice), **Torysa** (Lipany, Rožkovany, Jakubova Voľa/ Červenica pri Sabinove, Pečovská Nová Ves, Sabinov, Ostrovany, Šarišské

Michaľany, Veľký Šariš, Prešov, Haniska, Kendice, Drienovská Nová Ves, Drienov, Bretejovce, Ploské, Kráľovce, Vajkovce, Beniakovce, Rozhanovce, Košické Oľšany, Sady nad Torysou, Košická Polianka, Vyšná Hutka, Nižná Hutka), **Trstianka** (Trsťany, Ďurďošík), **Olšava** (Kecerovce, Olšovany, Vyšný Čaj, Blažice, Nižný Čaj, Bohdanovce, Nižná Myšľa), **Hornád** (Vikartovce, Spišský Štiavnik, Betlanovce, Hrabušice, Spišská Nová Ves, Markušovce, Matejovce nad Hornádom, Chrasť nad Hornádom, Vítkovce, Olcnava, Spišské Vlachy, Kolinovce, Krompachy, Richnava, Kluknava, Malá Lodina, Veľká Lodina, Kysak, Obišovce, Trebejov, Sokoľ, Družstevná pri Hornáde, Kostoľany nad Hornádom, Košice mesto, Kokšov – Bakša, Nižná Myšľa, Čaňa, Ždaňa, Gyňov, Trstené pri Hornáde, Seňa, Kechnec, Milhosť).

V období rokov 207-2011 bol realizovaný Projekt „Skvalitnenie povodňového manažmentu a protipovodňového plánovania v povodí Hornádu na území SR“, financovaný z Nórskeho finančného mechanizmu. V rámci projektu boli jedným z výstupov aj Mapy povodňového ohrozenia pre územie Hornádu v úseku od VN Ružín po štátnu hranicu s MR a územie Torysy v úseku od zaústenia Sekčova po Lipany. Na základe týchto máp bolo 29 geografických oblastí doplnených na riešenie do Plánu manažmentu povodňového rizika čiastkového povodia Hornádu bez toho aby boli súčasťou prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika.

Významnejšie navrhované opatrenia:

Oblasť Košice
- zväčšenie kapacity prietokového profilu koryta Hornádu na Q_{100} v úseku od mosta na križovatke Sečovská – Prešovská po teleso št. cesty Košice - Družstevná pri Hornáde
- rekonštrukcia hate Vyšné Opátske a Ťahanovce
- úprava ľavého brehu Hornádu v mestskej časti Vyšné Opátske a Krásna (rekonštrukcia existujúcich ochranných hrádzí a návrh nových ochranných hrádzí).

Celkové odhadované náklady:39 250,000 tis. €



Oblasť Prešov
- zvýšenie prietokovej kapacity tokov Torysa a Sekčov
- polder Nižná Šebastová

Celkové odhadované náklady: 1 154,805 tis. €

Oblasť Sabinov
-úprava toku na Q_{100}
-prebudovanie mosta

Celkové odhadované náklady: 1 960,878 tis. €

Oblasť Spišská Nová Ves a Smižany

Spišská nová Ves
- prestavba existujúcej úpravy Hornádu na Q_{100}

Smižany
- úprava toku Brusník
- prebudovanie mosta
- polder Smižany I., Smižany II.
- prehrádzky na toku Brusník a prítoku Brusníka

Celkové odhadované náklady: 6 018,445 tis. €

Oblasť Košice- štátna hranica s MR

rekonštrukcie existujúcich ochranných hrádzí na Q_{100}
- vybudovanie obvodovej ochrannej hrádze na ochranu intravilánu obce Čaňa
- prečistenie koryta toku Hornádu od nánosov
- ponechanie prirodzeného inundačného územia

Celkové odhadované náklady: 8 886,496 tis. €

Súhrn všetkých navrhovaných preventívnych opatrení v čiastkovom povodí Hornádu

Opatrenie	Počet objektov	Dĺžka v km	Náklady na rok v tis.€	Odhadované náklady v tis. €
Prehrádzky	26	-	-	2 000,000
Vodná nádrž	-	-	-	-
Poldre, cielené záplavy	10	-	-	10 700,000
Úpravy, ochranné hrádze, stabilizácie koryta toku	-	40,005	-	110 000,000
Čerpacie zariadenie vnútorných vôd	4	-	-	6,000
Prebudovanie mostov a lávok	11	-	-	3 200,000
Údržba toku, prečistenie koryta toku	-	163,095	195,714	
Spolu				**125 906,000**

Čiastkové povodie Bodrogu

Charakteristika povodia:
- v hornej časti vrchoviny a pahorkatiny, v dolnej časti nížina
- kulminačné prietoky vo flyšových oblastiach veľmi vysoké, až extrémne
- na VSN zmiešané povodne z topenia sa snehu v horských polohách a dlhodobého dažďa
- ohradzované toky na VSN, horná časť povodia úpravy v intravilánoch sídiel
- plocha povodia 7272 km^2 .

Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom v čiastkovom povodí Bodrogu: **Udava** (Osadné, Nižná Jablonka, Vyšný Hrušov, Udavské), P**čolinka** (Pčoliné, Snina), **Cirocha** (Snina, Dlhé nad Cirochou), **Ubliank**a (Ubľa), **Sobranecký potok** (Sobrance), **kanál Veľké Revištia-Bežovce** (Nižná Rybnica, Sobrance, Bežovce), **Laborec** (Čertižné, Habura, Medzilaborce, Krásny Brod, Čabiny, Volica, Radvaň nad Laborcom, Brestov nad Laborcom, Hrabovec nad Laborcom, Zbudské Dlhé, Koškovce, Hankovce, Ľubiša, Veľopolie, Udavské, Kochanovce, Lackovce, Brekov, Strážske), **Ladomirka** (Krajná Poľana, Ladomirka, Hunkovce,

Ladomirová, Svidník, **Chotčianka** (Bukovce, Chotča, Závada, Ruská Poruba, Vyšná Sitnica, Nižná Sitnica), **Oľka** (Oľka, Ruská Kajňa, Pakostov, Košarovce, Žalobín), **Ondavka** (Turcovce, Baškovce, Ohradzany, Slovenská Volová, Závadka, Topoľovka), **Ondava** (Vyšná Polianka, Varadka, Nižná Polianka, Mikulášová, Cigla, Dubová, Vyšný Orlík, Nižný Orlík, Svidník, Stročín, Duplín, Tisinec, Stropkov, Breznica, Miňovce), **Slatvinec** (Kríže, Bogliarka, Kružlov), **Kamenec** (Petrová, Sveržov, Tarnov), **Šibská voda** (Šiba, Bardejov), **Kamenec** (Bardejov), **Radomka** (Šarišský Štiavnik, Radoma, Okrúhle, Matovce, Giraltovce), **Lomnica** (Vechec,Vranov nad Topľou), **Topľa** (Livovská Huta, Livov, Lukov, Gerlachov, Tarnov, Rokytov, Mokroluh, Bardejov, Komárov, Hrabovec, Poliakovce, Dubinné, Kurima, Kučín, Porúbka, Harhaj, Marhaň, Brezov, Kalnište, Lužany pri Topli, Giraltovce, Železník, Mičakovce, Ďurďoš, Hanušovce nad Topľou, Bystré, Skrabské, Vyšný Žipov, Hlinné, Jastrabie nad Topľou, Čaklov, Vranov nad Topľou), **Trnávka** (Sečovce, Hriadky, Vojčice), **Terebľa** (Kalša, Slivník), **Roňava** (Slanské Nové Mesto, Slivník, Kuzmice, Michaľany, Čerhov, Slovenské Nové Mesto).

Významnejšie navrhované opatrenia:

Oblasť Bardejov

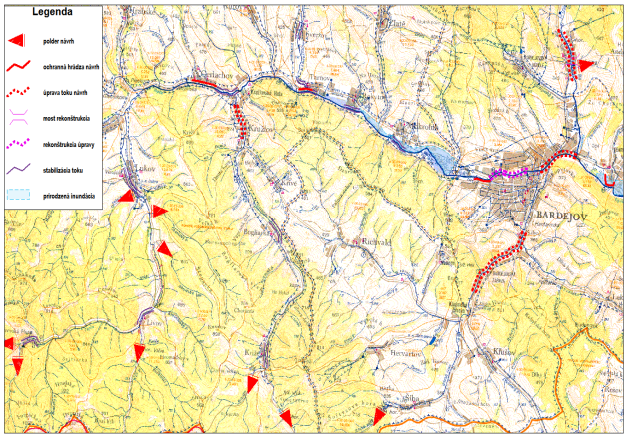
Úsek toku Topľa nad Bardejovom

- výstavba poldrov v hornom povodí toku Topľa
- stabilizácia koryta toku Topľa sústreďovacími stavbami
- lesohospodárske opatrenia v povodí Tople

Bardejov

- rekonštrukcia existujúcej úpravy toku Topľa a výstavba nových ochranných hrádzí

Celkové odhadované náklady:
mesto Bardejov 3 008,579 tis. €
poldre nad Bardejovom 6 578,271 tis. €



Oblasť Sobrance

- dokončenie úpravy Sobraneckého potoka v meste Sobrance v časti Komárany
- polder Choňkovce a Jasenov v povodí Sobraneckého potoka
- prečistenie Kanála Veľké Revištia Bežovce na vybudovanú kapacitu

Celkové odhadované náklady: 22 580,670 tis. €

Oblasť Vranov nad Topľou

Úsek Hanušovce nad Topľou - Vranov nad Topľou

- na ochranu intravilánov obcí sa navrhujú obvodové ochranné hrádze
- ponechanie prirodzeného inundačného územia

Vranov nad Topľou

- úprava toku Topľa na prietok Q_{100}
- navýšenie kapacity existujúcej úpravy potoka Lomnica výstavbou ochranných múrikov

Celkové odhadované náklady: Vranov nad Topľou 1 561,600 tis. €
hrádze nad Vranovom n.Topľou 5 603,021 tis. €

Oblasť Hriadky a Vojčice

Hriadky

- vybudovanie regulačného objektu (stavidla) na Mano kanáli v rkm 0,500 s funkciou vzduť privádzanú vodu a usmerniť ju do kanálovej siete a prebudovanie výustnej časti Mano kanála v dl.450 m (prespádovanie od Trnávky po objekt stavidla) s dobudovaním prepojovacieho kanála do Vojčického kanála v dl. 462 m.

Vojčice

- na odľahčenie prietoku Trnavky počas povodňových situácii sa v rkm 14,7 v hrádzi nad železničným mostom navrhuje vybudovať dvojité stavidlo a výstavba prepojovacieho kanála v dl. 1,416 km s prepojením do Andrejovského kanála. Nad železničnou traťou tým vznikne zátopové územie s plochou 5,31 km2 slúžiace na zadržanie vody do doby, kým neodtečie kanálovou sieťou.

Celkové odhadované náklady: 699,924 tis. €

Súhrn všetkých navrhovaných preventívnych opatrení v čiastkovom povodí Bodrogu

Opatrenie	počet objektov	dĺžka v km	náklady na rok v tis.€	Odhadované náklady v tis. €
Prehrádzky	36	-	-	2 900,000
Vodná nádrž	1	-	-	20 000,000
Poldre, cielené záplavy	26	-	-	53 000,000
Úpravy, ochranné hrádze, stabilizácie koryta toku	-	18,015	-	56 200,000
Prebudovanie mostov	7	-	-	1 800,000
Údržba toku	-	219,385	263,262	
Spolu				**133 900,000**

Záver

V príspevku je popísaná prvá etapa spracovávania PMPR v podmienkach SVP š.p. OZ Košice. Odhadované výdavky na pracovný návrh protipovodňových opatrení v riešených geografických oblastiach dosahujú takmer 370 mil. €. Potrebné je však uviesť, že v druhej etape, keď budú k dispozícii MPO a MPR sa pristúpi k spresňovaniu technických parametrov jednotlivých preventívnych opatrení a tým aj odhadovaných nákladov. Zhodnotí sa tiež ekonomická efektivita navrhovaných opatrení vo vzťahu k stanoveným povodňovým škodám, ktorá bude kritériom pre stanovenie priorít jednotlivých opatrení a pre ich zaradenie do prípravy a realizácie do roku 2021.

Potrebné je tiež uviesť, že okrem oblastí zahrnutých v pracovnom návrhu opatrení PMPR bude potrebné zaoberať sa aj protipovodňovými opatreniami v ďalších oblastiach, ktoré sú súčasťou podnikového rozvojového programu investícií resp. ročného investičného plánu ako napr. opatrenia na Východoslovenskej nížine, kde je potrebná rekonštrukcia ochranných hrádzí Ondavy, Laborca, Latorice a rekonštrukcia čerpacích staníc Stretávka, Boľ, Kamenná Moľva, Ladislav.

Vývoj potenciálních povodňových škod v čase v oblastech s významným povodňovým rizikem

Time development of potential flood losses in areas with potential flood risk

Štěpánková, P., Konvit, I., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Brno, pavla_stepankova@vuv.cz, igor_konvit@vuv.cz

Abstrakt

V rámci plnění požadavků Směrnice EU 2007/90/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik byla v České republice navržena kvantitativní metoda stanovení povodňového rizika, která je založena na vyčíslení potenciálních povodňových škod. Jedná o metodu náročnou na rozsah podkladových dat i na délku doby zpracování. Je proto doporučena především pro hodnocení ekonomické efektivnosti navrhovaných strukturálních opatření při tvorbě plánů pro zvládání povodňových rizik. Cílem příspěvku je nastínit možné využití zjednodušených postupů kvantitativní metody pro analýzu časoprostorových změn potenciálu povodňových škod na území České republiky. Postupy jsou uvedeny na příkladu změny potenciálních škod na území města Břeclavi mezi roky 2007 a 2011 pro rozliv s dobou opakování 100 let.

Abstract

There were proposed a quantitative method of flood risk assessment for meeting one of EU Flood Directive requirements in the Czech Republic. This method is based on quantification of flood losses. The mentioned method is time consuming and requires large data sets. Therefor is recommended for economical effectiveness assessment of structural flood protection measures, which is provide during the flood risk management plan preparation. This paper presents the use of simplified quantitative method for analysis of spatiotemporal changes of potential flood losses in the Czech Republic. As an example is used a development of flood losses for flood scenario with return period 100 year in the urban area of town Břeclav.

Klíčová slova

potenciální povodňové škody, křivky poškození, oblasti s významným povodňovým rizikem

1. Úvod

Rozsah škod, které jsou důsledkem povodní, výrazně ovlivňuje způsob využívání krajiny v záplavovém území. I přes velký počet významných povodňových událostí, které od roku 1997 způsobily škody za více než 170 mld. Kč, dochází často k rozšiřování zástavby v záplavových oblastech, popř. ke kompletní obnově původních funkcí území postiženého opakovanými povodňovými událostmi (bez zásadní reflexe nabytých zkušeností). I když se z pohledu snahy o snižování potenciálních povodňových škod jedná o nežádoucí a nesystémové aktivity, vyskytují se velice často. Provedení časoprostorové analýzy změny potenciálních povodňových škod v území by mělo ukázat, zda se jedná o závažný problém a případně posloužit jako podklad při návrhu koncepcí spojených urbanizací území.

2. Použité metody

Postupy použité pro odhad přímých potenciálních povodňových škod v tomto příspěvku jsou podrobně popsány v Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (Drbal a kol., 2011). Jedná se o odhad přímých hmotných škod, který je založen na dvou základních zdrojích informací:

1. charakteristiky povodňového nebezpečí - rozlivy a hloubky zaplavení pro jednotlivé povodňové scénáře;
2. zranitelnosti území – rozdělení jednotlivých objektů v záplavovém území do základních kategorií, pro něž jsou stanovovány potenciální škody.

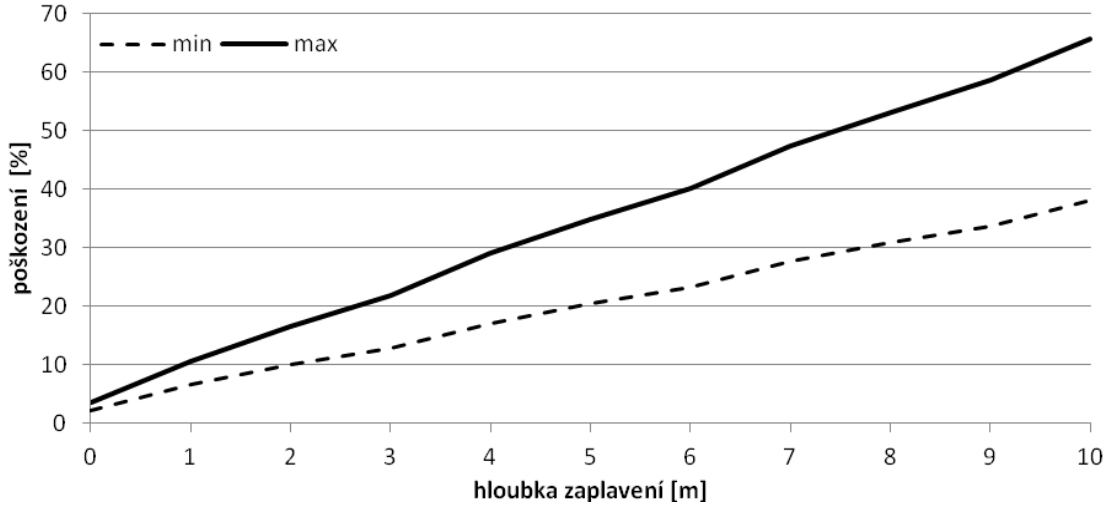
Charakteristiky povodňového nebezpečí jsou výsledkem hydraulického modelování. V současné době je v ČR dokončováno mapování povodňového nebezpečí a povodňových rizik, jehož výsledkem budou informace o rozsahu zaplaveného území, hloubkách a popř. i rychlostech proudění vody v těchto rozlivech, a to pro povodňové scénáře Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500}. Tyto informace budou k dispozici pro záplavová území zhruba 3 000 km úseků vodních toků. Výstupy mapování budou přístupné široké odborné i laické veřejnosti prostřednictvím veřejného webového portálu.

Informace o zranitelnosti území jsou čerpány především z geodatabáze ZABAGED. Jedná se o trvale a průběžně udržovaný a aktualizovaný digitální topografický model území České republiky odvozený ze Základní mapy České republiky 1:10 000 v souřadnicovém systému S-JTSK a ve výškovém systému baltském po vyrovnání. Zpracovatelem a garantem obsahu ZABAGED je Zeměměřický úřad.

Potenciální povodňové škody se stanovují postupem založeným na aplikaci křivek poškození, které vycházejí z detailního rozboru působení záplavy na jednotlivé kategorie objektů a dílčí části jejich konstrukcí. Každá křivka poškození je vyjádřena v určitém intervalu hodnot potenciálního poškození (obr. 1). Horní a dolní mez poškození je navržena z důvodu různých možností uplatnění poruch dílčích částí konstrukce na výsledné škodě.

Tab. 1 Procentuální vyjádření minimálního a maximálního poškození (L) na budovách v závislosti na hloubce zaplavení

Poškození [%]	**Hloubka zaplavení [m]**										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
L_{min}	2,23	6,69	9,93	12,69	17,15	20,38	23,15	27,61	30,84	33,61	38,07
L_{max}	3,55	10,64	16,50	21,89	28,98	34,84	40,23	47,32	53,18	58,57	65,66



Obr. 1 Procentuální vyjádření minimálního a maximálního poškození (L) na budovách v závislosti na hloubce zaplavení

Výsledná škoda je vyjádřena jako podíl poškození na celkové hodnotě daného objektu. Celková hodnota (cena) objektu vychází z jeho rozsahu (délka, plocha, objem) a z pořizovací ceny vztažené na odpovídající měrnou jednotku. Pro vyčíslení potenciálních povodňových škod metodou křivek poškození pro danou kategorii objektů se využívá následující vztah:

$$D_i = E_i CL \qquad (1)$$

kde

i index objektu v dané kategorii objektů,

E rozměr zasaženého objektu dle kategorie [m], [m^2], [m^3],

C jednotková cena měrné jednotky dle hodnocené kategorie [Kč/m], [Kč/m^2], [Kč/m^3]
L míra poškození pro jednotlivé kategorie vyjádřená v závislosti na hloubce zaplavení [%],
D škoda na dané kategorii objektů [Kč].

Škody na objektech D_k se sčítají pro jednotlivé kategorie dle vztahu:

$$D_k = \sum_i D_{ik} \qquad (2)$$

kde
k index jednotlivých hodnocených kategorií (viz níže),

Celková škoda *D* v hodnoceném území se sčítá přes jednotlivé kategorie škod (aktivit) pro dané Q_N, tedy scénář nebezpečí.

$$D_N = \sum_k D_k \qquad (3)$$

Míra poškození a vzniklé škody na stavebních objektech závisí na hloubce zaplavení, poškození podsklepených částí budov je vyjádřeno nenulovou hodnotou při nulové hloubce (tab. 1, obr. 1). Jednotková cena pro budovy je odvozena jako vážený průměr z cenových ukazatelů ve stavebnictví (České stavební standardy, 2010). Pro výpočet škod je uvažována univerzální výška jednoho podlaží 3 m, výsledná pořizovací cena je vyjádřená na jednotku plochy (tab. 2).

Ke škodám na vybavení budov pro bydlení a občanskou vybavenost dochází až od určité úrovně zaplavení užívaných podlaží, proto jsou do odhadu škod zahrnuty pouze budovy s minimální hloubkou zaplavení 0,5 m a vyšší. Jednotková cena pro škody v průmyslových objektech je stanovována z celkového statistického přehledu ČSÚ pro zpracovatelský a energetický průmysl a je vztažena na jednotku plochy (Horský, 2008).

Stanovení jednotkové ceny pro škody v průmyslu vychází z celkového statistického přehledu ČSÚ pro zpracovatelský a energetický průmysl. Z nich se hodnota majetku stanovuje jako součet dlouhodobého majetku, zásob a 1/3 pasiv vlastního kapitálu za poslední dostupný rok z publikovaného období. Tento součet je vztažen k celkové ploše průmyslových areálů v České republice a na základě těchto hodnot je odvozena jednotková cena na m^2 průmyslových budov (Horský, 2008). Potenciální škody jsou stanoveny jako součin celkové plochy zaplavených průmyslových objektů a hodnoty minimální nebo maximální škody pro průmyslové objekty (tab. 2).

Tab. 2 Příklad jednotkových pořizovacích cen a jednotkových škod pro vybrané kategorie objektů v záplavovém území – stav k 1.1. 2011 (Drbal a kol., 2011)

Kategorie	**Pořizovací cena**	**Škoda** (Kč/m^2)	
		min	**max**
Stavební objekty			
průměrná cena (Kč/m^3)	5 128		
průměrná cena podlaží (Kč/m^2)	15 384	"dle ztrátové funkce“ obr. 1	
Vybavenost objektů pro bydlení a občanskou vybavenost (Kč/m^2)		**1 239**	**2 359**
Vybavenost průmyslových objektů (Kč/m^2)	23 235	**2 324**	**3 485**

V uvedené Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (Drbal a kol., 2011) jsou dále popsány postupy a zdrojová data pro stanovení potenciálních povodňových škod u dalších kategorií majetku (jako např. komunikace, mosty, inženýrské sítě apod.).

3. Postup stanovení potenciálních povodňových škod v prostoru a čase

Celý postup stanovení potenciálních povodňových škod popsaný Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (Drbal a kol., 2011) je náročný z hlediska času potřebného na zpracování i rozsahu podkladových dat. Je proto doporučován pro detailní posuzování především ekonomické efektivnosti navrhovaných strukturálních opatření.

Při časoprostorové analýze vývoje potenciálních povodňových škod byla využita jen část výše uvedených postupů, a to stanovení přímých potenciálních povodňových škod na stavebních objektech a jejich vybavení. Toto „zjednodušení" bylo zvoleno z několika důvodů:
- Škody na stavebních objektech představují největší podíl na celkovém odhadu potenciálních škod.
- Podklady pro stanovení změny rozsahu zastavěných ploch v čase jsou relativně dostupné (databáze ZABAGED).
- Tyto postupy je možné automatizovat a využít tak pro analýzy na nadregionální či celorepublikové úrovni.

4. Zdrojová data

Jak bylo uvedeno v kapitole 2, je stanovení potenciálních povodňových škod založeno na dvou základních zdrojích dat - charakteristiky povodňového nebezpečí a podklady pro stanovení zranitelnosti území. Pro ověření navrhovaných postupů byly jako charakteristiky povodňového nebezpečí využity výstupy mezinárodního projektu CEframe (Štěpánková a kol., 2012), a to hranice rozlivu a hloubky pro povodňový scénář s dobou opakování 100 let v Břeclavi. Jedná se o výsledky hydraulického výpočtu spojeného jednorozměrného a dvojrozměrného numerického modelu SMS-TUFLOW, kterou realizoval tým Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně (pod vedením doc. Ing. Aleše Drába, Ph.D.). Výpočet byl proveden za předpokladu stacionárního proudění vody. Pro stanovení zranitelnosti bylo využito vrstev z geodatabáze ZABAGED (ČÚZK, 2013), verze pro rok 2007 a 2011.

5. Vlastní výpočet potenciálních povodňových škod

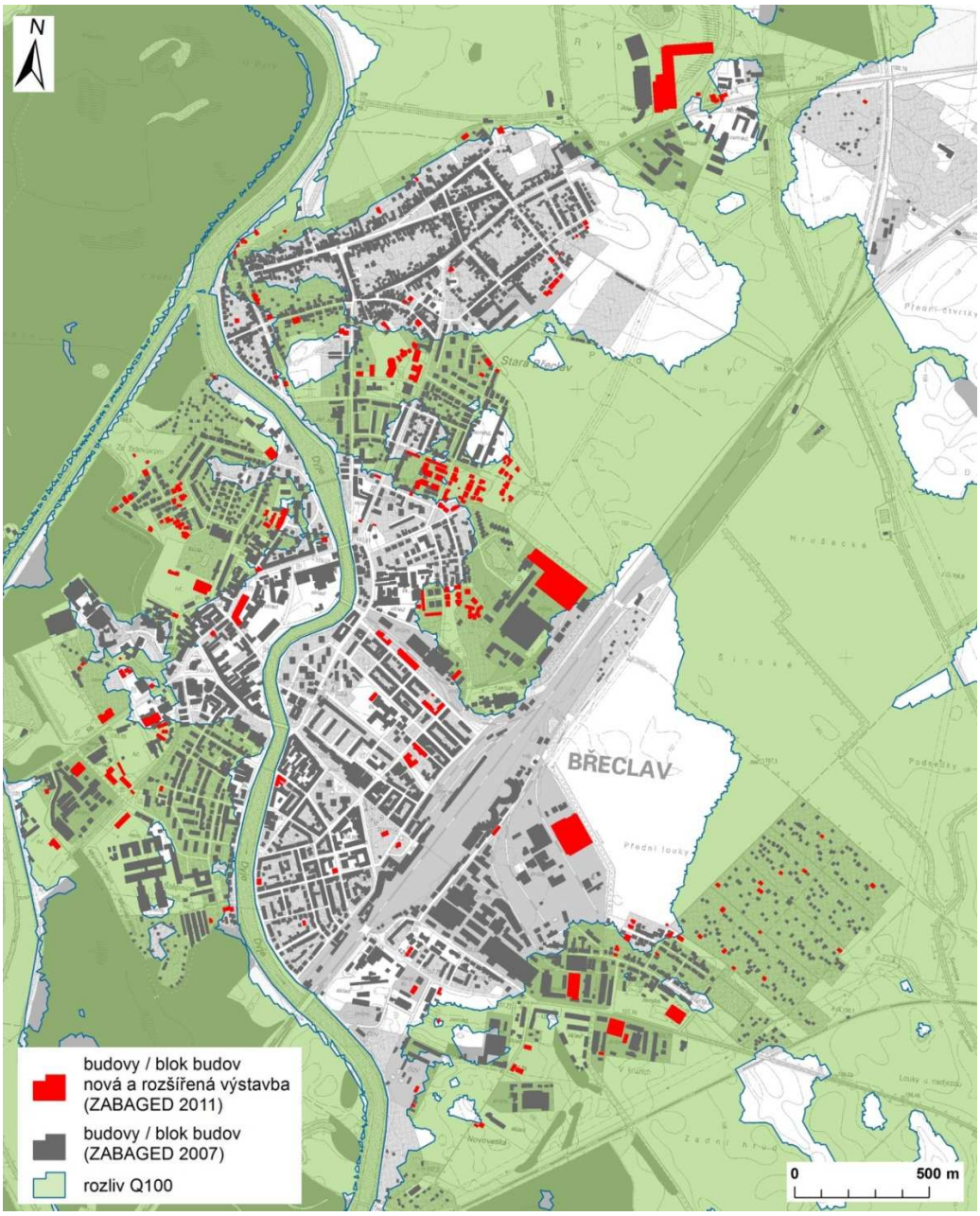
V prostředí ArcGIS byl za využití programovacího jazyka Python sestaven nástroj pro automatizované stanovení přímých potenciálních povodňových škod. Pomocí něj byly pro každý objekt vyjádřeny minimální a maximální potenciální škody na daném objektu jak na jeho stavební konstrukci, tak na jeho vybavení. Výsledný odhad potenciálních povodňových škod v daném území byl stanoven jako suma výsledných hodnot škod pro zvolené kategorie majetku.

6. Výsledky aplikace navržených postupů na příkladu města Břeclavi

Město Břeclav leží v oblasti s významným povodňovým rizikem na řece Dyji. Tato oblast je vymezena úsekem vodního toku mezi ř. km 17,468-33,968 (Pohansko – Bulhary), kam náleží i aglomerace města Břeclavi. Lze očekávat, že i v tomto území bude docházet k rozšiřování zástavby, ať už za účelem bydlení, nebo pro potřeby průmyslu. Nicméně značná část města leží v rozlivu povodně s dobou opakování 100 let.

Celková zastavěná plocha mezi roky 2007 a 2011 se zvýšila o téměř 130 tisíc m^2 (obr. 2). V území teoretického rozlivu Q_{100} došlo ke zvětšení zastavené plochy o necelých 85 tisíc m^2 (tab. 3). Jedná se nejen o výstavbu nových objektů, ale i rozšíření těch stávajících. Potenciál povodňových škod se při tom v teoretickém rozlivu Q_{100} mezi roky 2007 až 2011 zvýšil o 190 mil. Kč resp. 292 mil. Kč (obr. 3). Rozšíření ploch určených pro bydlení a občanskou vybavenost a pro průmyslové areály mezi lety 2007 a 2011 je téměř shodný (41 tis. m^2 resp. 43 tis. m^2). Ovšem nárůst potenciálu povodňových škod je u průmyslových objektů zhruba čtyřnásobný. Tato skutečnost je dána rozdílným přístupem ke stanovení potenciálních škod na vybavenosti objektů pro bydlení a občanskou vybavenost a průmyslových objektů. U první kategorie se přepokládá, že ke škodám na vybavení dochází až při hloubce zaplavení 0,5 m (uvažuje se se zvýšeným přízemím budov), proto jsou tyto škody

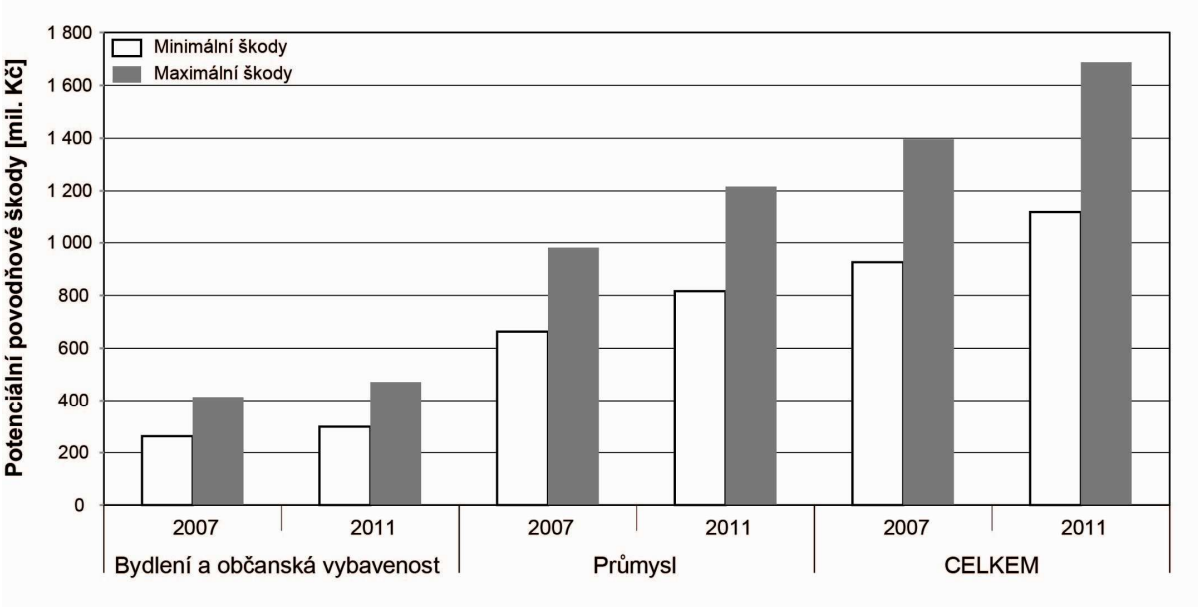
stanovovány jen u části dotčených objektů určených pro bydlení a občanskou vybavenost. Průmyslové objekty (především ty rozsáhlé) jsou ve většině případů na úrovni terénu a tedy ke škodám dochází i při menších hloubkách. Do výpočtu jsou tedy zahrnuty všechny dotčené plochy průmyslových objektů.



Obr. 2 Lokalizace nové nebo rozšířené zástavby (červené plochy) na území města Břeclav mezi roky 2007 až 2011 (tak jak byly identifikovány z mapových podkladů) a rozsah teoretického rozlivu s dobou opakování 100 let

Tab. 3 Potenciální povodňové škody na stavebních objektech v teoretickém rozlivu Q_{100} v letech 2007 a 2011 na území města Břeclavi

Typ zástavby	Rok	Plocha [m^2]	Potenciální povodňové škody [mil. Kč]	
			Minimální	Maximální
Bydlení a občanská vybavenost	2007	258 600,2	263,1	414,3
Průmysl		211 098,4	662,8	981,1
Celkem		469 698,5	925,9	1 395,4
Bydlení a občanská vybavenost	2011	299 842,2	299,5	471,1
Průmysl		254 323,6	816,6	1 216,1
Celkem		554 165,8	1 116,2	1 687,2
Bydlení a občanská vybavenost	rozdíl 2011 - 2007	41 242,0	36,4	56,8
Průmysl		43 225,2	153,8	235,0
Celkem		84 467,2	190,2	291,8



Obr. 3 Změna potenciálních povodňových škod na stavebních objektech v teoretickém rozlivu Q_{100} v letech 2007 a 2011 na území města Břeclavi

7. Závěr

Prezentovaný způsob analýzy změn potenciálních povodňových škod v čase je založen na vyjádření škod na stavebních objektech a jejich vybavení. Obvyklý postup popsaný v Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (Drbal a kol., 2011) zahrnuje do výpočtu potenciálních povodňových škod i další kategorie majetku, jako např. komunikace, mosty, inženýrské sítě apod. Pro nově vybudované objekty v těchto kategoriích je však náročnější stanovit všechny parametry potřebné pro odhad potenciálních povodňových škod. Na druhou stranu podíl na celkovém objemu potenciálních škod je u těchto kategorií v urbanizovaných územích relativně malý. Použité zjednodušení postupů by mělo umožnit jejich aplikaci v nadregionálním rozsahu, protože snižuje významně nároky na vstupní data pro vyjádření zranitelnosti.

Navržené postupy byly zatím ověřeny pouze pro jedno vybrané území (město Břeclav) a pro povodňový scénář Q_{100}. Také časový aspekt byl zastoupen pouze dvěma roky. V dalších krocích bude pozornost zaměřena na doplnění automatizovaného výpočtu potenciálních povodňových škod o jejich stanovení pro další kategorie majetku, dále o získání širšího spektra časových úrovní vymezení

zastavěné plochy. Předpokládá se, že budou ověřeny možnosti využití i jiných datových zdrojů než geodatabáze ZABAGED, např. datové sady, které spravuje Český statistický úřad. V dalším kroku budou také do výpočtů zahrnuty i zbývající povodňové scénáře (Q_5, Q_{20} a Q_{500}) tak, aby na základě pravděpodobnosti těchto jevů mohlo být vyjádřeno povodňové riziko (roční ztráta). Aktualizované postupy budou aplikovány na další oblasti s významným povodňovým rizikem a výsledky budou srovnány se skutečnými škodami, které způsobily významné povodňové události od roku 1997. Využití demonstrovaného postupu je však samozřejmě širší.

8. Literatura

České stavební standardy (2010): Cenové ukazatele ve stavebnictví (http://www.stavebnistandardy.cz/)
Český úřad zeměměřický a katastrální (2013): Katalog objektů ZABAGED®. Praha. 143 s.
Drbal, K. a kol.(2011): Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Věstník MŽP, VI/2011. MŽP Praha.
Horský, M. (2008): Metody hodnocení potenciálních povodňových škod a jejich aplikace pomocí prostředků GIS. Dizertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky. 125 s.
Štěpánková, P. a kol. (2012): Potenciální povodňové škody a rizika v povodí dolní Moravy a Dyje - projekt CEframe. Závěrečná zpráva projektu, VÚV TGM, v.v.i., Brno, 70 s.

Úroveň poistenia voči riziku povodne v jednotlivých regiónoch Slovenska
The level of insurance against flooding in individual regions of Slovakia

Madajová, M., Geografický ústav SAV, Bratislava, geogmada@savba.sk
Skubinčan, P., Geografický ústav SAV, Bratislava, geogskub@savba.sk
Solín, Ľ., Geografický ústav SAV, Bratislava, solin@savba.sk

Abstrakt: **Zmierňovanie negatívnych následkov povodní je jednou zo súčastí integrovaného manažmentu povodňového rizika. Keďže účasť štátu je v tomto smere obmedzená, kľúčovú úlohu pri eliminácií škôd spôsobených povodňou zohráva komerčné poistenie. Príspevok hodnotí vývoj a úroveň poistenia fyzických osôb voči riziku povodne na príklade dát z poisťovne s najväčším zastúpením na slovenskom trhu v oblasti neživotného poistenia. Identifikuje regióny Slovenska s rôznou úrovňou poistenia a tiež načrtáva možné príčiny nezáujmu obyvateľov o poistenie svojej nehnuteľnosti voči riziku povodne. Dáta o poistných zmluvách ako aj povodňových poistných udalostiach analyzuje aj vo vzťahu k vyhláseniu 3. stupňa povodňovej aktivity. Získané výsledky potvrdili skutočnosť, že povodňové škody nevznikajú len v pririečnej zóne v dôsledku vybreženia vodného toku. Aj tento fakt je preto nevyhnutné vziať do úvahy pri celkovom hodnotení povodňového rizika a jeho manažmente.**

Kľúčové slová: povodňové riziko, integrovaný manažment, poistenie voči riziku povodne, povodňové poistné škody, 3. stupeň povodňovej aktivity

Abstract: Mitigation of the negative consequences of floods is one of the components of integrated flood risk management. As the involvement of the State in this respect is limited; commercial flood insurance plays a key role in the elimination of flood damages. This paper evaluates the development and general level of flood risk insurance of individuals using the data from the insurance company with the largest share on the Slovak market in the field of non-life insurance. We identified regions of Slovakia with various rates of insurance and we also tried to give a few insights on the possible causes of lack of interest in flood insurance. Data on insurance policies and flood insurance events were analyzed in relation to the announcement of the 3rd level of flood alert. The results confirmed the fact that flood damages are not bind exclusively to floodplain area and to situations when river overflows its boundaries. It is therefore very important to take this into account in the process of overall assessment of flood risk and its management as well.

Keywords: flood risk, integrated flood risk management, flood insurance, flood damages, 3rd level of flood alert

Úvod

Za posledných desať rokov (2002-2011) spôsobili povodne na Slovensku značné škody na majetku občanov, organizácií súkromného a verejného sektora, obcí, ale aj samotného štátu. Tieto straty spolu s nákladmi na záchranné a zabezpečovacie práce dosiahli výšku približne 657,4 mil. € (Tab. 1). Najväčšie škody boli v priebehu sledovaného obdobia zaznamenané v roku 2010, ktorý bol z hľadiska výskytu povodní skutočne extrémny a v ktorom škody na majetku fyzických a právnických osôb, obcí, VÚC a štátu dosiahli výšku takmer 337 mil. €. Je preto nepochybne dôležité venovať patričnú pozornosť otázkam efektívnej ochrany pred touto prírodnou hrozbou.

V súčasnosti a obzvlášť v zahraničí vystupuje do popredia nová paradigma v rámci prístupu k protipovodňovej ochrane, ktorou je tzv. integrovaný manažment povodňového rizika. V zmysle tohto prístupu výsledné negatívne dôsledky nie sú pripisované len samotnému prírodnému živlu (povodeň) a jeho atribútom (ako napr. výška hladiny, rýchlosť prúdenia, atď.), ale závisia aj od náchylnosti jednotlivých subjektov utrpieť škodu, ich schopnosti odolávať negatívnym efektom povodne, ako aj možnostiam ich obnovy do predpovodňového stavu.

Tab. 1. Výdavky na povodňové práce a výška povodňových škôd v období rokov 2002 – 2011

Rok	Povodňové zabezpečovacie práce	Povodňové záchranné práce	Zabezpečovacie a záchranné práce spolu	Povodňové škody	Práce a škody spolu
2002	1 664 177	1 927 073	3 591 250	50 644 394	54 235 644
2003	139 315	188 774	328 089	1 457 412	1 785 501
2004	3 416 916	1 235 843	4 652 758	34 913 497	39 566 255
2005	2 674 135	2 236 241	4 910 376	24 045 974	28 956 350
2006	6 424 816	6 053 509	12 478 324	79 602 237	92 080 562
2007	212 375	319 359	531 733	3 638 950	4 170 683
2008	2 514 937	3 586 769	6 101 706	39 754 597	45 856 303
2009	1 591 301	1 301 334	2 892 635	8 436 354	11 328 989
2010	18 176 392	24 291 524	42 467 916	336 937 688	379 405 604
2011	38 464	194 817	233 281	1 936 494	2 169 775

Zdroj: spracované podľa správ o priebehu a následkoch povodní v období 2002-2011 a podľa materiálov z rokovaní vlády SR v období 2002-2011

Výsledné povodňové riziko je teda kombináciou povodňového hazardu a zraniteľnosti objektov ekonomického, sociálneho a environmentálneho systému nachádzajúcich sa v danej oblasti (Brown a Damery 2002, Plate 2002, Wisner et al. 2004, Solín 2011). Zmierňovanie negatívnych následkov povodní ako súčasť stratégie redukcie zraniteľnosti je teda jedným z kľúčových aspektov integrovaného manažmentu povodňového rizika.

V slovenských podmienkach existuje niekoľko možností krytia dôsledkov povodní. Sú to jednak zdroje štátneho rozpočtu (prerozdelením jednotlivých kapitol, z rezervy vlády, z rezervy predsedu vlády, z finančných zdrojov jednotlivých ministerstiev a i.), neštátne zdroje (zdroje samosprávnych orgánov, komerčné poistenie) a iné zdroje (fondy EÚ, humanitárna pomoc). Pomoc štátu a iných externých zdrojov je však obmedzená (povinnosťou štátu zo zákona je uhradiť len výdavky súvisiace s vykonávaním povodňových zabezpečovacích a záchranných prác počas II. a III. stupňa povodňovej aktivity) a pri úhrade škôd fyzickým a právnickým osobám sa postupuje veľmi individuálne (záleží na veľkosti udalosti a aj od „dobrej vôle“ kompetentných), dôležitým aspektom sa tak stáva otázka individuálnej zodpovednosti. Významnú úlohu pri eliminácií škôd spôsobených povodňou zohráva práve komerčné poistenie. Predkladaný príspevok sa zaoberá problematikou komerčného poistenia fyzických osôb voči riziku povodne. Jeho cieľom je odpovedať na otázky:

- Aký je aktuálny stav poistenia voči riziku povodne?
- Došlo k zmenám vo vývoji poistenia povodňového rizika v poslednom desaťročí?
- Sú bežní obyvatelia dostatočne poistení voči riziku povodní?
- Čo vplýva na celkovú úroveň poistenia?

Situácia v oblasti komerčného poistenia povodňového rizika

V súčasnosti ponúka fyzickým a právnickým osobám poistenie majetku (nehnuteľnosti a domácnosti) proti povodniam 12 z 23 komerčných poisťovní (zdroj: SLASPO, Poistné produkty na slovenskom poistnom trhu, aktualizácia k 31. 3. 2013). V súvislosti s analýzou poistenia rizika voči povodni sú dôležité tri aspekty: počet poistných zmlúv, počet povodňových poistných udalostí a výška platieb za povodňové poistné udalosti. Údaje o poistení spolu s dátami o povodňových poistných udalostiach nám ako jediná zo všetkých oslovených poskytla poisťovňa Allianz – Slovenská poisťovňa, a. s. Keďže sa jedná o poisťovňu s dominantným postavením na poistnom trhu v oblasti neživotného poistenia, považujeme tieto údaje za dostatočne reprezentatívne.

Poskytnuté dáta obsahovali informácie:

- o platných poistných zmluvách nehnuteľností voči riziku povodní s uvedením miesta poistenia predmetnej nehnuteľnosti, resp. miesta bydliska osoby poistníka (fyzickej osoby) za obdobie 2002 – 2011
- o povodňových poistných udalostiach za uvedené obdobie s uvedením dátumu a miesta vzniku poistnej udalosti, ako aj výšky úhrady za škodu spôsobenú povodňou

Po odstránení nezrovnalostí v súbore dát (týkajúcich sa predovšetkým korektnej priestorovej lokalizácie poistných zmlúv) sa v prostredí GIS vytvorila priestorová databáza poistných zmlúv a poistných udalostí podľa jednotlivých rokov a obcí.

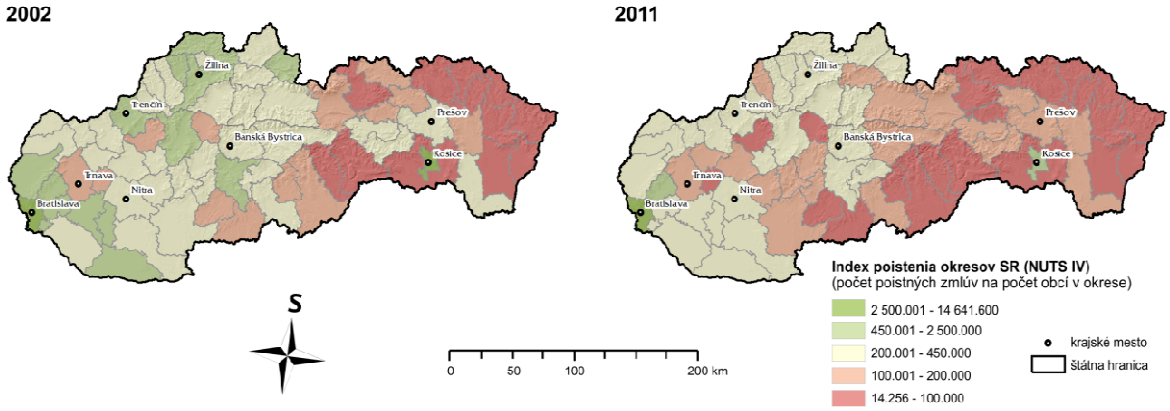
Analýza poistenia v jednotlivých regiónoch Slovenska

Z celkových 2 891 obcí Slovenska (kvôli nepresným záznamom nebolo možné zvlášť rozlišovať mestské časti Bratislavy a Košíc) neboli v priebehu rokov 2002-2011 ani raz poistené len obce Havranec (okres Svidník), Potôčky (Stropkov), Strihovce (Snina) a vojenské obvody Javorina (Kežmarok), Lešť (Zvolen) a Valaškovce (Humenné). Vo všeobecnosti možno za posledných 10 rokov pozorovať postupný úbytok počtu poistných zmlúv uzatvorených voči riziku povodne. Vývoj počtu aktívnych poistných zmlúv dokumentuje Tab. 1, situáciu na úrovni okresov (NUTS IV) na začiatku a konci sledovaného obdobia zobrazuje Obr. 1.

Tab. 1. Vývoj počtu aktívnych poistných zmlúv v období 2002 – 2011

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Počet aktívnych poistných zmlúv	853 903	824 968	766 205	730 847	558 712	653 894	610 247	572 083	532 153	481 189

Pri širšom pohľade na poistenie nehnuteľností vo vlastníctve fyzických osôb pozorovať z roka na rok mierne klesajúcu tendenciu počtu poistných zmlúv týkajúcich sa rizika povodne (každoročne cca o 7% s výnimkou roku 2006[1]). Hoci sa medziročná zmena nezdá obzvlášť výrazná, za sledovaných 10 rokov už možno hovoriť o dramatickom poklese záujmu obyvateľstva o poistenie svojej nehnuteľnosti voči povodniam. Ku koncu roku 2011 bolo aktívnych len 54,4% (481 189) poistných zmlúv platných v roku 2002 a počet nepoistných obcí stúpol zo 7 na 20 (resp. 19, nakoľko vojenský obvod Javorina v januári 2011 zanikol). Zaujímavou skutočnosťou je aj fakt, že ani po povodňovom roku 2010 sa nezaznamenal nárast počtu poistných zmlúv voči tomuto riziku, a to v žiadnej obci na území SR. Poisťovňa pritom neuplatňovala špeciálne kritériá pre obce nachádzajúce sa v rizikových oblastiach.



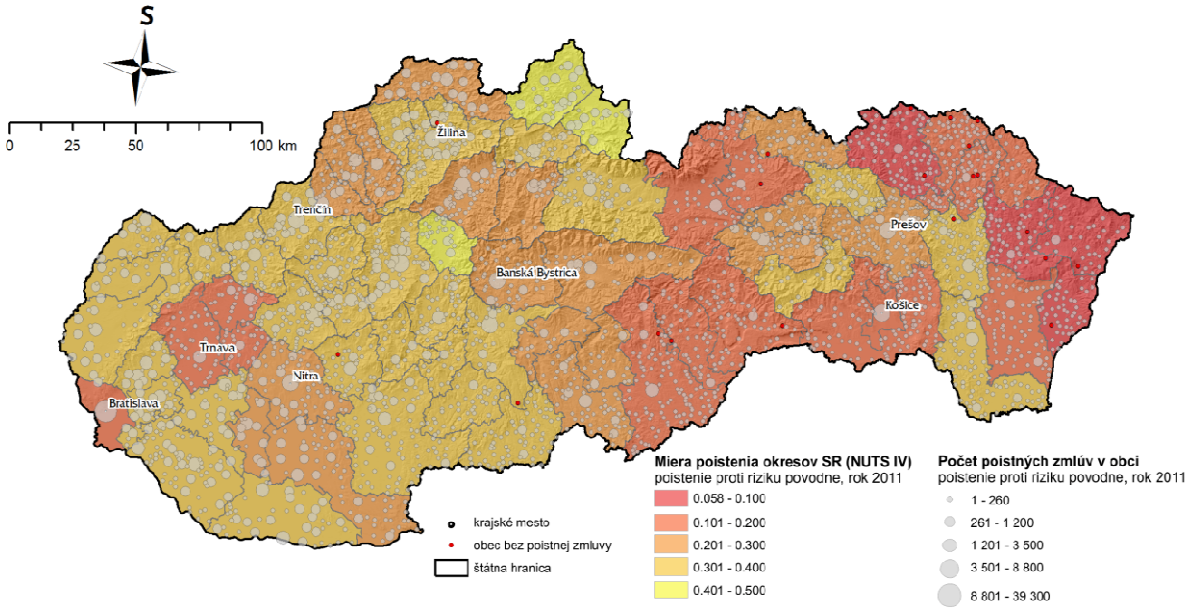
Obr. 1. Počet aktívnych poistných zmlúv fyzických osôb na úrovni okresov v roku 2002 a 2011

V jednotlivých rokoch bolo najviac poistných zmlúv uzatvorených a platných v okresoch Bratislava, Košice, Košice-okolie, v okresoch severného Slovenska (Tvrdošín, Žilina, Čadca), juhozápadného a južného Slovenska (Malacky, Pezinok, Senec, Šaľa a Komárno), a v okresoch Trenčín, Prievidza a Zvolen. Medzi najmenej poistené okresy z hľadiska počtu aktívnych zmlúv patria dlhodobo okresy na juhu stredného a krajne východného Slovenska – hlavne Svidník, Stropkov, Sobrance, ale aj Bardejov, Medzilaborce, Snina, Revúca a Rožňava.

Celková úroveň poistenia po prepočítaní na počet trvalo obývaných nehnuteľností (rodinných domov a bytov) nepresiahla v roku 2011 na úrovni NUTS IV 50% a pohybovala sa v rozmedzí hodnôt 5,8 – 46,3%. K okresom s najnižšou mierou komerčného poistenia voči riziku povodne (do 10%) patria

[1] Rok 2006 bolo potrebné z analýz vylúčiť z dôvodu chybovosti databázy poisťovne.

okresy severovýchodného Slovenska - Snina, Bardejov, Sobrance a Humenné. Naopak, z hľadiska celoslovenského priemeru (30%) sú nadpriemerne poistené okresy severného Slovenska –Tvrdošín, Turčianske Teplice a Námestovo (Obr. 2).



Obr. 2. Počet zmlúv a miera poistenia v okresoch SR v roku 2011

Priemerná úroveň poistenia nehnuteľností voči povodniam sa tak na úrovni okresov, ako aj samotných obcí pohybovala okolo 30%. Najviac obcí spadalo do kategórie 20%-ného poistenia nehnuteľností. Takmer rovnaké percento obcí sa však nachádzalo aj na úrovni 30, 40 a 50%-ného poistenia (Tab. 2). Len 380 obcí (13%) prevýšilo poistením svojich nehnuteľností hranicu 50%. V ôsmych obciach SR sa úroveň poistenia pohybovala v intervale 90-100%, v rovnakom počte obcí počet uzatvorených zmlúv dokonca prevýšil počet nehnuteľností. Tento stav je spôsobený charakterom vstupných dát. Na začiatku sledovaného obdobia sa ešte v databáze poisťovne striktne nerozlišoval typ zmluvy – jedna nehnuteľnosť mohla byť poistená dvoma zmluvami – jednou na poistenie nehnuteľnosti, druhou na poistenie zariadenia domácnosti, alebo boli tieto poistenia skombinované v jednej zmluve. Číslo o počte poistných zmlúv sa teda nemuselo automaticky rovnať počtu poistených nehnuteľností. Taktiež, a to obzvlášť v staršom období, poisťovňa nedisponovala adresou konkrétnej poistenej nehnuteľnosti – táto bola v databáze nahradená adresou trvalého bydliska poisťovníka. Umelo navýšené počty poistných zmlúv sa spozorovali aj v oblastiach s rozvinutým cestovným ruchom (napr. Donovaly), kde sa proti povodni poistili mnohé rekreačné chaty, aj napriek tomu, že nespadali do kategórie trvalo obývaných objektov.

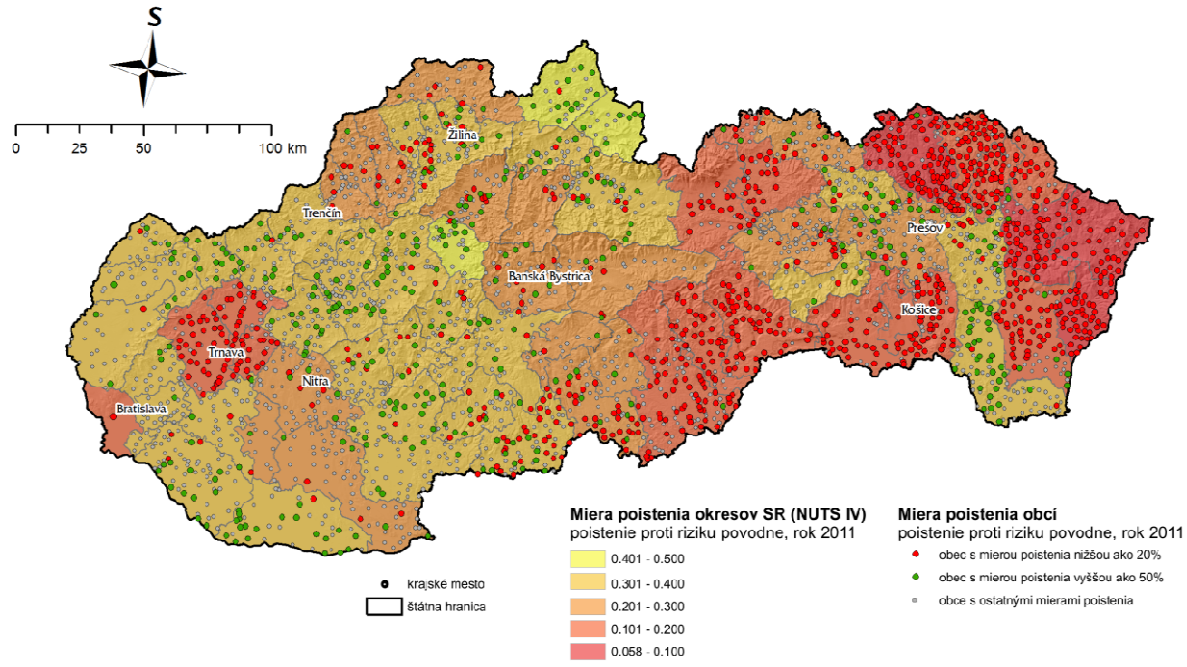
Porovnaním podielu obcí s nízkou (pod 20%) a uspokojivou (nad 50%) mierou poistenia možno v súčasnosti územie Slovenska rozdeliť do troch typov (Obr. 3):

1. na regióny s uspokojivou mierou poistenia voči povodniam, kam možno zaradiť okresy Myjava, Komárno, Námestovo, Trebišov, ale aj okresy Senica, Trenčín, Topoľčany, Bánovce nad Bebravou, Partizánske, Prievidza, Turčianske Teplice, Tvrdošín a Levice. Okres s najväčším počtom platných zmlúv na počet trvalo obývaných nehnuteľností bol však okres Tvrdošín (miera poistenia 46,3%).
2. na regióny s nízkou mierou poistenia, kde až na 3 okresy Z Slovenska (Trnava, Piešťany a Hlohovec) zasahujú hlavne okresy južného (Rimavská Sobota, Revúca, Rožňava), JV (Košice okolie), SV (Bardejov, Svidník, Stropkov, Medzilaborce) a krajne východného Slovenska (Humenné, Snina, Sobrance a Michalovce), ale aj okresy Poprad a Kežmarok. Okres s najmenším počtom uzavretých zmlúv na počet trvalo obývaných nehnuteľností bol okres Snina (miera poistenia 5,9%).

3. na zmiešané regióny, v ktorých sa nachádzajú tak obce s nízkou, ako aj pomerne vysokou mierou poistenia – okresy severného, stredného a východného Slovenska (Žilina, Martin, Liptovský Mikuláš, Krupina, Lučenec, Veľký Krtíš, Banská Bystrica, Sabinov, Prešov a Vranov nad Topľou).

Tab. 2. Podiel počtu obcí v jednotlivých úrovniach poistenia nehnuteľností voči povodniam v roku 2011

Úroveň poistenia (%)	Počet obcí v danej triede	% podiel
10	355	12,28
20	571	19,75
30	524	18,13
40	524	18,13
50	509	17,61
60	226	7,82
70	102	3,53
80	33	1,14
90	11	0,38
100	8	0,28
nad 100	8	0,28



Obr. 3. Okresy s nízkou a uspokojivou mierou poistenia voči riziku povodne – situácia v roku 2011

Analýza povodňových poistných udalostí a výšky vyplatených škôd

Za obdobie 2002-2011 sa vyskytlo 60 344 poistných udalostí v 2 330 obciach (t. j. 79% z celkového počtu 2 928 obcí SR[2]) a poisťovňa za vzniknuté povodňové škody vyplatila 32 418 587 €. Počet obcí, v ktorých sa vyskytla poistná udalosť, ako aj počet poistných udalostí spolu s výškou platieb za

[2] vrátane mestských častí Bratislavy a Košíc

povodňové škody podľa jednotlivých rokov sú uvedené v Tab. 3. V priebehu sledovaného obdobia bolo najviac poistných udalostí a povodňou najviac postihnutých obcí logicky zaznamenaných práve v povodňových rokoch v roku 2006 a 2010. V roku 2010 spôsobili povodne fyzickým osobám škody za viac než 19 miliónov €. V rokoch, ktoré neboli poznačené výraznejšími povodňovými udalosťami sa v priemere na jednu obec pohybovala výška vyplatenej škody najčastejšie v hranici 100-500 €. Do tohto intervalu spadalo v roku 2002 36% všetkých obcí SR, v roku 2011 to bolo 48%. Približne v dvoch tretinách všetkých obcí SR sa v rokoch 2002 (65%) a 2011 (68%) pohybovala priemerná výška vyplatenej škody za obec maximálne do výšky 500 €. V povodňovom roku 2010 sa najväčšie percento obcí (33%) nachádzalo v intervale 1 000 - 5 000 €. Priemerná výška povodňovej škody v obci bola v roku 2002 5 901 €, v roku 2010 9 204 a 2011 2516 €, v priemere na jednu udalosť v obci to bolo v roku 2002 1 343 €, v roku 2010 652 € a v roku 2011 986 €.

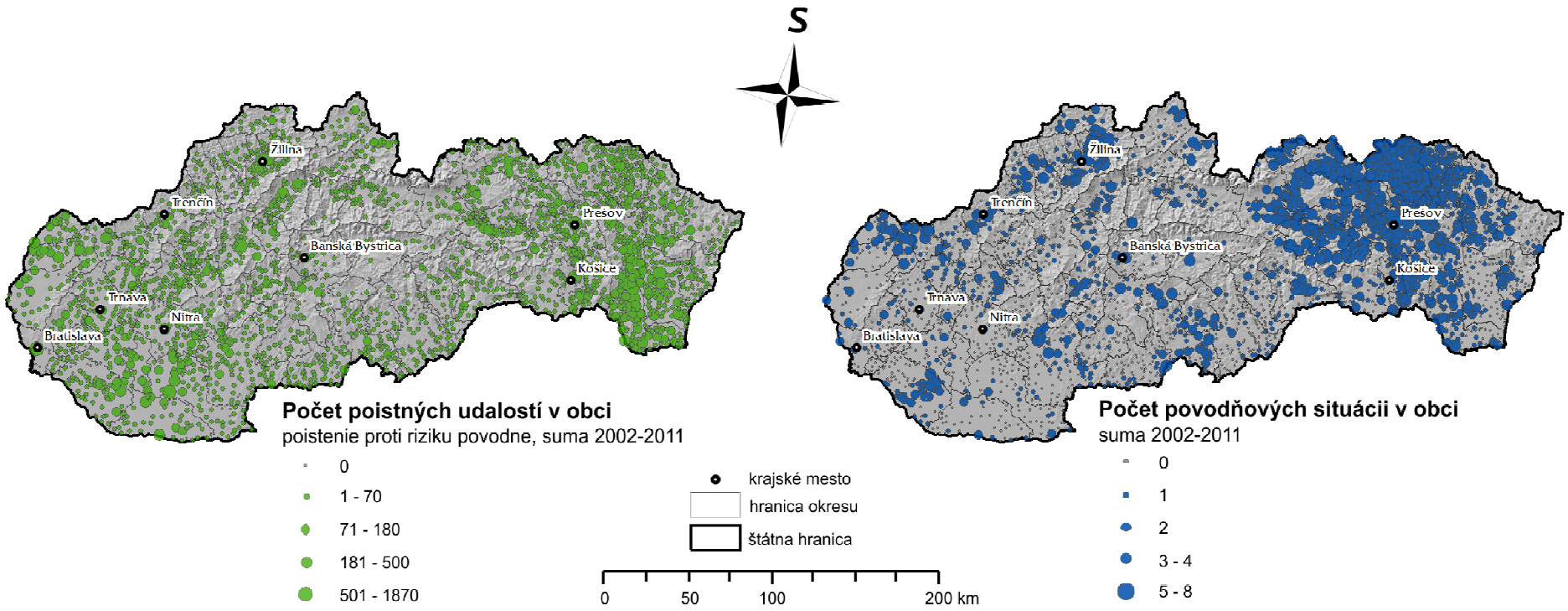
Tab. 3. Povodňové poistné udalosti a výška platby za povodňové škody v priebehu rokov 2002-2011

	2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
Počet PU	481	1 624	5 656	7 335	9 711	1 217	1 319	2 408	29 097	1 496
Počet obcí s PU	178	414	576	730	1252	238	420	547	1 981	436
Platba za PU v €	1 050 400	264 920	2 554 581	1 277 003	4 582 185	621 419	449 167	1 320 339	19 181 181	1 117 392

PU = poistná udalosť
PA = povodňová aktivita

Výskyt povodňových poistných udalostí v obciach Slovenska a platby poisťovne za ich likvidáciu sa analyzovali aj vo vzťahu k vyhláseniu 3. stupňa povodňovej aktivity, čo je stav, kedy sa voda vylieva z koryta rieky v dôsledku dlhotrvajúcich prípadne krátkotrvajúcich ale intenzívnych dažďov, topenia snehu, upchatia koryta ľadovými kryhami, alebo ak došlo k priesaku a pretrhnutiu hrádze a hrozí rozsiahle zaplavenie intravilánu obce (Tab. 4). Priestorová variabilita počtu poistných udalostí a výskytu 3. stupňa povodňovej aktivity za obdobie 2002-2011podľa jednotlivých obcí je zobrazená na Obr. 4.

Z prekrytia týchto mapových vrstiev vyplynulo, že v období 2002-2011 bol 3. stupeň povodňovej aktivity vyhlásený len v 55% všetkých obcí SR (v 1 612 obciach), ale povodňové poistné udalosti sa vyskytli až v 79% obcí (2 330 obciach). Zatiaľ čo najviac povodňových situácií bolo vyhlásených na severe a v strede východného Slovenska, najviac poistných udalostí sa z dlhodobého hľadiska vyskytlo na juhovýchode Slovenska. Tento stav je však výrazne ovplyvnený úrovňou poistenia, ktorá je práve v severných okresoch východného Slovenska mimoriadne nízka. Odlišná je situácia v oblasti okresov Senica, Malacky, Trnava, Bánovce nad Bebravou, Prievidza, Nitra, Šaľa, Nové Zámky a Komárno, v ktorých poisťovňa zaznamenala oveľa väčší počet poistných udalostí vzhľadom na počet vyhlásených povodňových situácií.



Obr. 4. Povodňové poistné udalosti a výskyt povodňových situácií v obciach SR za obdobie 2002 -2011

Podrobné údaje za jednotlivé roky, spolu s uvedenými výškami poistných platieb, sú v Tab. 4. Počet obcí, v ktorých došlo k poistnej udalosti je v každom roku sledovaného obdobia výrazne vyšší ako počet obcí, v ktorých bol vyhlásený 3 st. povodňovej aktivity. Podiel obcí, v ktorých došlo k poistnej udalosti a zároveň v nich bol aj vyhlásený 3 st. povodňovej aktivity je pomerne nízky a pohybuje sa od 5% v r. 2003 do 31% v r. 2010.

Tab. 4. Poistné udalosti a výška platby za povodňové škody vo vzťahu k povodňovým aktivitám v čase vyhlásenia 3. stupňa povodňovej aktivity

	2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
počet obcí s 3.st. PA	122	59	259	292	392	34	230	209	708	125
Počet obcí s PU a 3.st. PA	23	20	108	134	267	23	102	88	606	65
- podiel na celk.počte obcí s PU	12.9	4.9	18.7	18.3	21.3	9.6	24.3	16.1	30.6	14.9
Počet PU a zároveň 3.st. PA	138	156	108	134	267	609	524	837	13 060	420
- podiel na celkovom počte PU	28,7	9,6	1,9	1,8	2,7	50,0	39,7	34,8	44,9	28,1
Platba za PU s 3 st. PA	723 497	28 072	1 814 303	691 701	3 259 563	507 657	242 408	592 949	10 913 397	543 710
- podiel z platieb za všetky PU	68.9	10.6	71.0	54.1	71.1	81.7	53.9	44.9	56.9	48.6

PU = poistná udalosť
PA = povodňová aktivita

Napr. v roku 2010 sa poistná udalosť vyskytla v 1 981 obciach, t. j. v 68% z celkového počtu 2 928 obcí SR, ale povodňová aktivita bola vyhlásená len v 708 obciach (24% obcí SR). Povodňová situácia aj poistná udalosť sa vyskytla v 606 obciach (21%). V 1 375 obciach (47% obcí SR) sa teda vyskytla poistná udalosť napriek tomu, že v obciach nebol vyhlásený 3. stupeň povodňovej aktivity a naopak v 102 obciach (3,5%) bol síce vyhlásený 3. stupeň povodňovej aktivity, ale nebola v nich zaregistrovaná žiadna poistná udalosť[3]. Ak zoberieme do úvahy len obce s poistnou udalosťou, tak tie, v ktorých sa vyskytla poistná udalosť v čase, keď bol vyhlásený 3. stupeň povodňovej aktivity tvoria 31% a na obce s poistnými udalosťami, ktoré vznikli v období, kedy nebol v obci vyhlásený 3. stupeň povodňovej aktivity, t. z., že nemalo dôjsť k vyliatiu vody z koryta rieky, a aj napriek tomu v nich poisťovňa vyplatila škody, pripadá 69%.
Je jasné, že povodňové škody nevznikajú len za situácie, kedy bol vyhlásený 3. stupeň povodňovej aktivity a výsledky uskutočnenej analýzy poistenia túto skutočnosť len potvrdili. V dôsledku rôzneho typu povodní sa miesto vzniku povodňových škôd nemusí viazať len na pás územia pozdĺž koryta vodného toku. K povodňovým udalostiam môže dôjsť v lokalitách na úpätí svahov a v rôznych lokálnych svahových depresiách a úvalinách mimotypického nivného územia.

Záver

Jednou z možností, ako zmierniť následky povodňových udalostí, je komerčné poistenie. Na základe údajov o počte poistných zmlúv a ich likvidácii v jednotlivých obciach SR, ktoré nám za obdobie rokov 2002-2011 poskytla Allianz-Slovenská poisťovňa, a.s., sme získali základný pohľad na úroveň poistenia nehnuteľností fyzických osôb voči riziku povodne, ako aj na priestorovú variabilitu počtu platných poistných zmlúv, výskytu povodňových poistných udalostí a výšky platieb za škody spôsobené povodňami v obciach SR. Treba brať ohľad na to, že získané poznatky sú založené len na analýze dát z jednej poisťovne. Keďže sa však jedná o poisťovňu s najväčším podielom na slovenskom trhu v oblasti neživotného poistenia, považujeme prezentované výsledky za dostatočne reprezentatívne. Dáta z poisťovne vyhovujú aj po stránke „všeobecnej“ dostupnosti poistenia (deklarované poistenie vo všetkých regiónoch SR). Pokiaľ vezmeme do úvahy skutočnosť, že uzatvorenie novej zmluvy nie je obmedzené politikou poisťovne, tak hlavne v poslednom období bol očakávaný zvýšený záujem obyvateľov o poistenie voči riziku povodne. Tento predpoklad sa však nenaplnil a za celé sledované obdobie pozorovať značný trend poklesu úrovne poistenia. Pre klesajúcu tendenciu platných poistných zmlúv nemáme zatiaľ argumentmi doložené vysvetlenie. Tento jav si bude vyžadovať podrobnejšiu analýzu. Zatiaľ môžeme vysloviť predpoklad, že jeho príčinou môžu

[3] Z nich len v troch obciach nemohlo dôjsť k vyplateniu škody v dôsledku nepoistenia.

byť jednak negatívne skúsenosti obyvateľov s úhradou vzniknutých povodňových škôd (vyplatená suma z rôznych príčin nezodpovedala reálnej výške škôd), a jednak porovnanie výšky poistného v prípade uzatvorenia novej poistnej zmluvy v kombinácií s finančnou situáciou domácnosti.
Na základe analýzy úrovne poistenia možno konštatovať, že obyvateľstvo Slovenska nie je voči riziku povodne dostatočne chránené. Kým v roku 2002 sa úroveň poistenia nehnuteľností fyzických osôb voči tejto prírodnej hrozbe pohybovala okolo 60%, v roku 2011 to bolo o polovicu menej. Ak zoberieme do úvahy podiel ostatných poisťovní a zároveň fakt o umelom navýšení počtu poistných zmlúv, potom možno predpokladať, že celková úroveň poistenia povodňového rizika na Slovensku môže kolísať okolo 50%. Hoci sa táto hodnota javí už ako pomerne vysoká, nemožno ju brať ako hodnoverný ukazovateľ komplexne vyjadrujúci schopnosť obyvateľstva vyrovnať sa s povodňovými škodami. Nevypovedá totiž o „kvalite" poistných zmlúv. Obyvatelia sú síce v mnohých prípadoch poistení, ale nedostatočne v zmysle nízko nastavenej poistnej sumy, ktorá v prípade poistnej udalosti nemusí pokryť všetky náklady spojené s povodňovou udalosťou a s čo najrýchlejším prinavrátením sa do pôvodného stavu.
Z analýzy výskytu povodňovej aktivity a poistných povodňových udalostí vyplynulo, že podiel obcí s poistnými povodňovými udalosťami, ktoré nie sú viazané na vybreženie vodného toku (v čase vyhlásenia 3. stupňa povodňovej aktivity), je vysoký. Tento fakt preto predstavuje nezanedbateľný aspekt pri hodnotení príčin poistných udalosti, ako aj pri hodnotení povodňového rizika pre potreby jeho manažmentu. V neposlednom rade poukazuje na limity využívania máp povodňového ohrozenia v poisťovníctve. V pomerne veľkom počte obcí totiž nie sú mapy povodňového ohrozenia založené na rozsahu zaplavenia územia s určitou pravdepodobnosťou efektívnym nástrojom hodnotenia povodňového rizika, resp. negatívnych povodňových dôsledkov. Získané výsledky potvrdili skutočnosť, že nie všetky povodňové škody musia vznikať len na objektoch v pririečnej zóne, ale že k povodňovým udalostiam dochádza aj v prípadoch, ktoré si v dôsledku lokálneho charakteru nevyžadujú vyhlásenie 3. stupňa povodňovej aktivity (napr. výskyt lokálneho koncentrovaného povrchového odtoku na uliciach obcí, úpätí svahov, v depresiách, zvýšenie výšky hladiny podzemných vôd a jej výstup na povrch pôdy a pod.). Aj tejto skutočnosti je preto potrebné venovať pozornosť pri hodnotení povodňového rizika a jeho manažmente.

Poďakovanie

Príspevok je výstupom projektu č. 2/0091/12 *Povodňové riziko obcí Slovenska* financovaného grantovou agentúrou VEGA. Autori ďakujú poisťovni Alianz za poskytnutie údajov o poistení obcí Slovenska voči riziku povodne.

Zoznam literatúry

Brown J. D., DamerY S. L., 2002: Managing flood risk in the UK: towards an integration of social and technical perspectives. Transactions/ Institute of British Geographers, 27, 412-426.

Databáza Allianz – Slovenská poisťovne, a. s. o platných poistných zmluvách nehnuteľností voči riziku povodeň a o povodňových poistných udalostiach

Materiály z rokovania vlády SR o vyhodnotení povodňových škôd v rokoch 2002-2011, dostupné na: http://www.rokovania.sk/Rokovanie.aspx, 12. 6. 2013

Poistné produkty na slovenskom poistnom trhu, Slovenská asociácia poisťovní, dostupné na: http://www.slaspo.sk/poistne_produkty, 23. 9. 2013

Správa o priebehu a následkoch povodní na území Slovenskej republiky od 1. januára do 31. augusta 2010 , dostupné na: http://www.minzp.sk/files/sekcia-vod/povodne-2002-2012-informacie/sprava-o-priebehu-a-nasledkoch-povodni-v-sr-v-obdobi-januar-az-august-2010.pdf, 2. 10. 2013

Plate E., 2002: Flood risk and flood management. J. of Hydrology, 267, 2-11.
Správy o priebehu a následkoch povodní na území Slovenskej republiky od r. 2002 po r. 2011, dostupné na:

http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnami/sprava-priebehu-nasledkoch-povodni-uzemi-sr-roku-2009-01-08-2010.html, 4. 10. 2013

SOLÍN, Ľubomír. Hodnotenie povodňového rizika - súčasný stav výskumu. In Manažment povodí a povodňových rizík : zborník príspevkov - proceedings of the conference [elektronický zdroj]. - Bratislava : VÚVH, 2011, s. 1-9. ISBN 978-80-89062-83-6.

Uznesenia vlády SR a finančné prostriedky vyčlenené na riešenie následkov povodní v roku 2010, dostupné na: http://archiv.vlada.gov.sk/krajina/data/att/24440_subor.pdf, 4. 10. 2013

Wisner, B. P. Blaikie, T. Cannon, and I. Davis. 2004. At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters (2nd ed). London and New York: Routledge.

Skúsenosti s povodňovým mapovaním a implementácia povodňovej smernice
Experience from flood mapping and implementation of flood directive

Mišík, M., DHI SLOVAKIA, s.r.o., Bratislava, m.misik@dhi.sk
Kučera, M., DHI SLOVAKIA, s.r.o., Bratislava, m.kucera@dhi.sk
Hrnčíř, V., DHI a.s., Praha, v.hrncir@dhi.cz
Bernstein, M., DHI a.s., Praha, m.bernstein@dhi.cz
Veverka, M. DHI a.s., Praha, m.veverka@dhi.cz

Abstrakt

Príspevok uvádza niekoľko príkladov povodňového modelovania a mapovania zo Slovenska, Českej Republiky, Švédska a Rumunska. Uvedené sú príklady z realizovaných projektov a rôzne prístupy, na základe praktických skúseností autorov.

Summary

Several examples of flood hazard and flood risk mapping from Slovakia, Czech Republic, Romania and Sweden are presented. Described are different approaches applied in completed projects based on practical experience of authors.

Kľúčové slová: povodňové mapovanie, povodňová smernica, mapy povodňového ohrozenia, mapy povodňového rizika, modelovanie povodňových hladín

Úvod

Mapy povodňového ohrozenia a povodňového rizika sú kľúčovým podkladom pri plánovaní protipovodňovej ochrany, manažmente povodňových rizík, územnom plánovaní, ako aj pri zvládaní povodňových situácií. Ich tvorba je jednou z hlavných častí implementácie takzvanej Povodňovej smernice EÚ. Hoci povodňové mapovanie vychádza z rovnakých princípov vo všetkých krajinách EÚ aj za jej hranicami, prístupy jednotlivých krajín, povodí a oblastí sa v mnohých detailoch líšia. Dôvodom môžu byť geografické a legislatívne špecifiká, nadväznosť na predchádzajúce práce, dostupnosť podkladov, alebo nedostatok koordinácie.

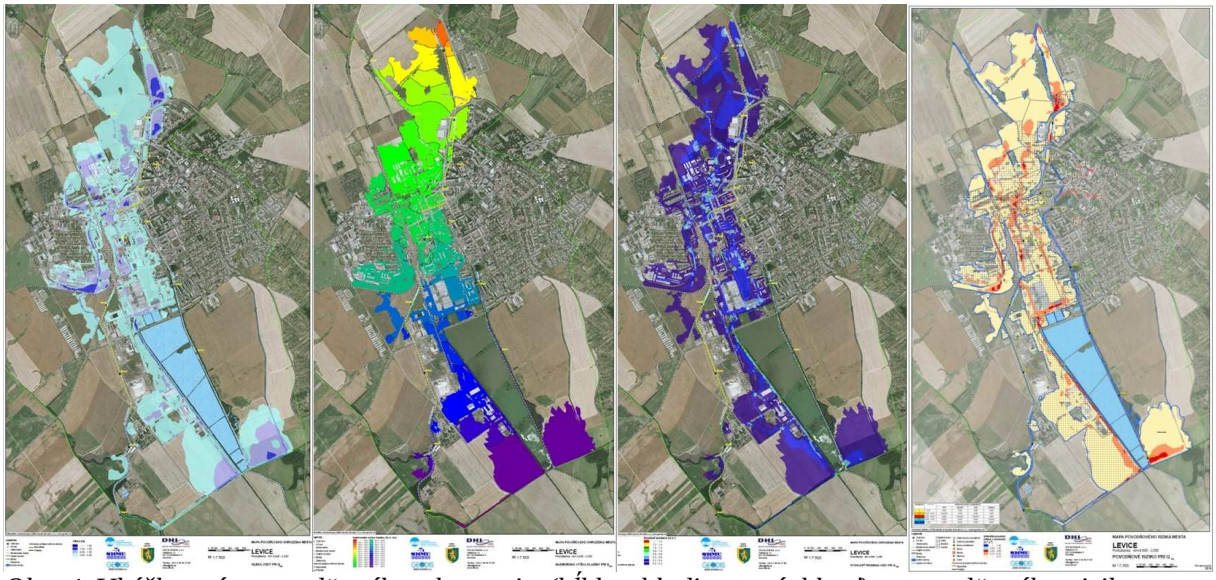
Príklady zo Slovenska

Povodňové mapy na Slovensku doteraz vznikali v rámci rôznych domácich a medzinárodných projektov a iniciatív. Ich vzhľad, mierky a čiastočne aj obsah sú rôzne a vyplývali z požiadaviek ich objednávateľov a užívateľov.

– Povodňové mapy Banskej Bystrice
Modelované a mapované prietoky: Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{1000}
Spôsob hydraulického modelovania: 2D model s flexibilnou výpočtovou sieťou (MIKE 21 FM).
Podrobnosť modelovania: detailné modelovanie vrátane budov a ulíc
Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary, hĺbka vody, výška hladiny a rýchlosť prúdenia znázornené na georeferencovaných bitmapách
Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového ohrozenia, 1 : 5 000
Vyjadrenie povodňových škôd na mapách: NIE

– Povodňové mapy Levíc

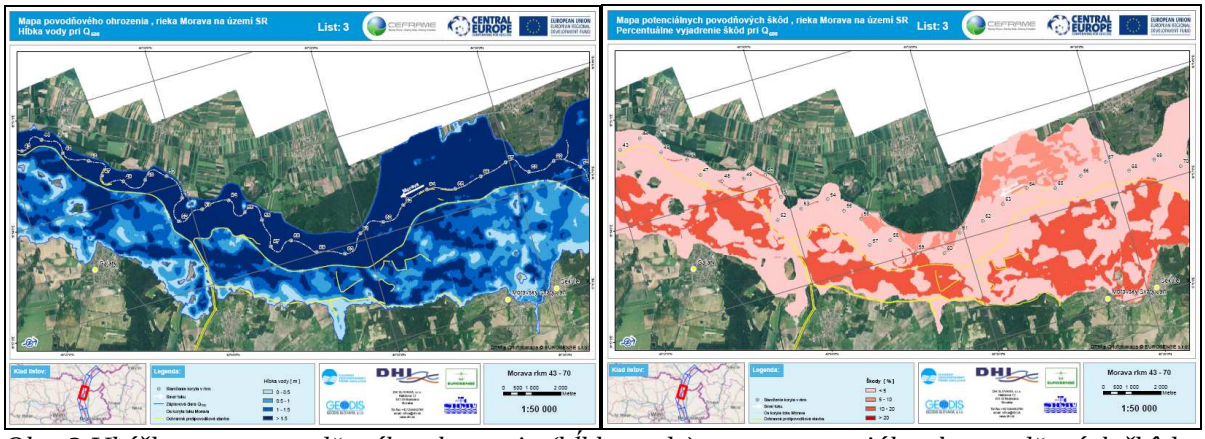
Modelované a mapované prietoky: Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{1000}
Spôsob hydraulického modelovania: 2D model s flexibilnou výpočtovou sieťou (MIKE 21 FM).
Podrobnosť modelovania: detailné modelovanie vrátane budov a ulíc
Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary, hĺbka vody, výška hladiny a rýchlosť prúdenia znázornené na georeferencovaných bitmapách
Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového ohrozenia a povodňového rizika, 1 : 7 500
Vyjadrenie povodňových škôd na mapách: NIE



Obr. 1 Ukážky máp povodňového ohrozenia (hĺbka, hladina a rýchlosť) a povodňového rizika mesta Levice

– Povodňové mapy Košíc a Prešova
Modelované a mapované prietoky: Q_1, Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50}, Q_{100}
Spôsob hydraulického modelovania: 2D model s flexibilnou výpočtovou sieťou (MIKE 21 FM).
Podrobnosť modelovania: detailné modelovanie vrátane budov a ulíc
Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary, hĺbka vody, výška hladiny a rýchlosť prúdenia v gridoch 5 x 5m
Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového ohrozenia a povodňového rizika, 1 : 10 000
Vyjadrenie povodňových škôd na mapách: NIE

– Povodňové mapy tokov Moravy a Vláry
Povodňové mapy riek Morava a Vlára boli vytvorené v rámci medzinárodného projektu CEFRAME.
Modelované a mapované prietoky: Q_{50}, Q_{100}, Q_{500}
Spôsob hydraulického modelovania: 2D model s flexibilnou výpočtovou sieťou (MIKE 21 FM).
Podrobnosť modelovania: menej podrobné, v topografii modelu boli zachytené dôležité líniové prvky, korytá tokov a kanálov, hrádze, násypy ciest a železnice, budovy a jednotlivé ulice v obciach neboli detailne modelované
Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary, hĺbka vody, výška hladiny a rýchlosť prúdenia v gridoch 5 x 5m
Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového ohrozenia a povodňového rizika, mapy potenciálnych povodňových škôd, Morava 1 : 50 000, Vlára 1 : 25 000.
Vyjadrenie povodňových škôd na mapách: ÁNO



Obr. 2 Ukážka mapy povodňového ohrozenia (hĺbka vody)a mapy potenciálnych povodňových škôd na rieke Morava pri Q_{500}

– Povodňový atlas Dunaja

Pod koordináciou Medzinárodnej komisie pre ochranu Dunaja (ICPDR) bol v rámci medzinárodného projektu Danube Flood Risk v roku 2012 vydaný Atlas máp povodňového ohrozenia a povodňového rizika rieky Dunaj. Metodika hydraulických výpočtov, povodňového mapovania a tvorby atlasu máp boli koordinované tak, aby boli splnené požiadavky Európskej Povodňovej smernice a aby bolo možné dostať všetky potrebné mapy celého Dunaja do jednej knižnej publikácie. To sa dosiahlo použitím mierky 1 : 100 000, ktorá sa pre horný Dunaj javí ako málo podrobná, avšak pre stredný a dolný Dunaj, vrátane slovenského úseku, je dostatočná pre znázornenie základných informácií.

Modelované a mapované prietoky: Q_{30}, Q_{100}, Q_{1000}, prvé dva prietoky sa modelovali medzi existujúcimi hrádzami, pri Q_{1000} sa modelovalo preliatie a prietrže hrádzí na vybraných miestach

Spôsob hydraulického modelovania: na slovenskom, slovensko-rakúskom a slovensko-maďarskom hraničnom úseku bol použitý 2D model s flexibilnou výpočtovou sieťou (MIKE 21 FM)

Podrobnosť modelovania: menej podrobné, v topografii modelu boli zachytené dôležité líniové prvky, korytá tokov a kanálov, hrádze, násypy ciest a železnice, budovy a jednotlivé ulice v obciach neboli detailne modelované

Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary, hĺbka vody a rýchlosť prúdenia v gridoch 5 x 5 m

Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového ohrozenia a rizika, 1 : 100 000

Vyjadrenie povodňových škôd: formou kategórií potenciálnych povodňových škôd €/m^2

Príklady z Čiech

– Povodňové mapovanie v rámci projektu „Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblastech povodí Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy“

Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblastech povodí Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy se řídí Metodikou zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, (zpracovatel: VÚV T.G.M., v.v.i., prosinec 2009, včetně aktuálních změn). Návrh věcného plnění počítal se splněním požadavků Standardizačního minima pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (zadavatel: Ministerstvo životního prostředí ČR), které vychází z výše zmiňovaného pilotního projektu. Výsledkem jsou soubory map povodňového nebezpečí a povodňových rizik odpovídající požadavkům směrnice ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky 2000/60/ES a souvisejících Guidance dokumentů.

V rámci projektu bylo zpracováno 52 úseků, na zpracování se podílelo 5 firem, při čemž DHI a.s. zpracovalo 22 modelů. Některé na sebe logicky navazující úseky byly modelovány jako jednotné celky. Pro modelování jednotlivých úseků bylo využito jak 1D tak 2D modelů včetně kombinace dynamicky integrovaných 1D/2D modelů s 1D modelem v korytech toků a 2D modelem záplavových území, v závislosti na celkové situaci a náročnosti modelované části.

Příkladem modelování kombinovanou technologií MIKE FLOOD je model Českého Krumlova.

Český Krumlov

Modelované a mapované průtoky: Q_5, Q_{20}, Q_{100}, Q_{500}

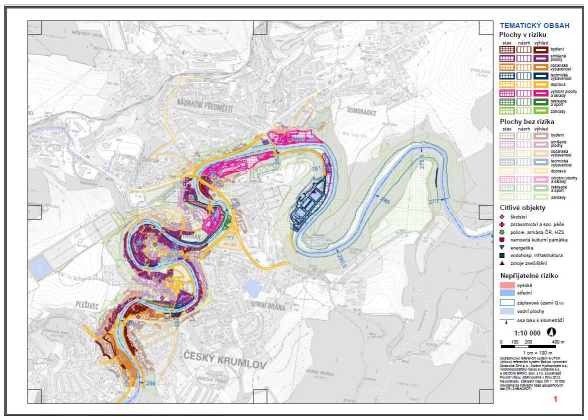
Způsob hydraulického modelování: dynamicky integrované 1D/2D modely s 1D modelem v korytech toků a 2D modelem záplavových území (MIKE FLOOD)

Podrobnost modelování: detailní modelování včetně většiny budov a ulic

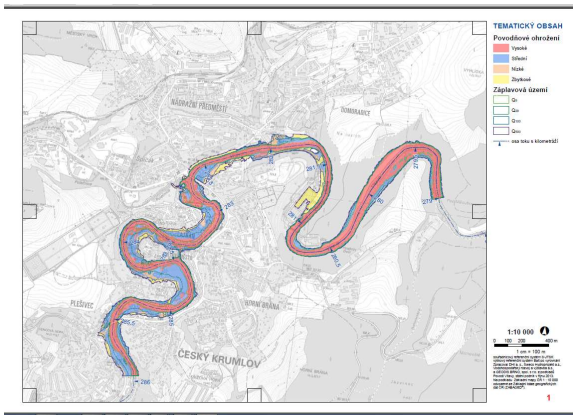
Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čáry, hĺoubka vody a rychlost proudení v gridech 2 x 2 m

Typ povodňových map a měřítko: mapy povodňového nebezpečí a rizik, 1 : 10 000

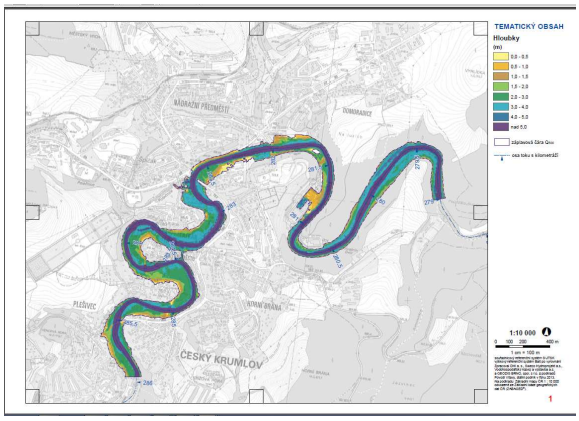
Vyjadření povodňových škod: NE



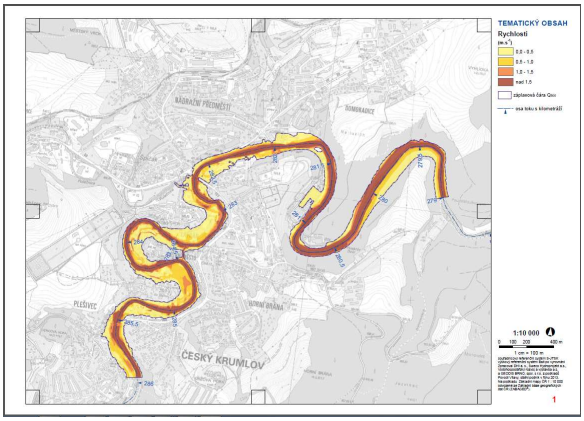
Mapa povodňového rizika



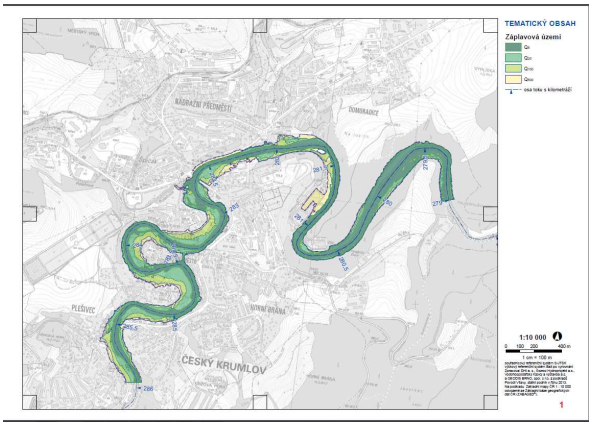
Mapa povodňového ohrožení



Mapa povodňového nebezpečí – hloubky Q_{500}



Mapa povodňového nebezpečí –rychlosti Q_{500}



Mapa Záplavových území

Obr. 3 Ukážky povodňových máp rieky Vltava v Českom Krumlove

Uvedené výstupy byly zpracovány DHI a.s., Sweco Hydroprojekt a.s., Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., a GEODIS BRNO, spol. s.r.o. z podkladů Povodí Vltavy, státní podnik a na podkladu Základní mapy ČR 1:10 000 odvozené ze ZABAGED.

– Povodňové mapovanie na Ostravici

Obdobným způsobem jako byl zpracován projekt mapování pro povodí Vltavy, byly zpracovány projekty na povodí Labe a Moravy. Příkladem zpracování na Moravské části povodí ČR je řeka Ostravice.

Modelované a mapované prietoky: Q_5, Q_{20}, Q_{100}, Q_{500}

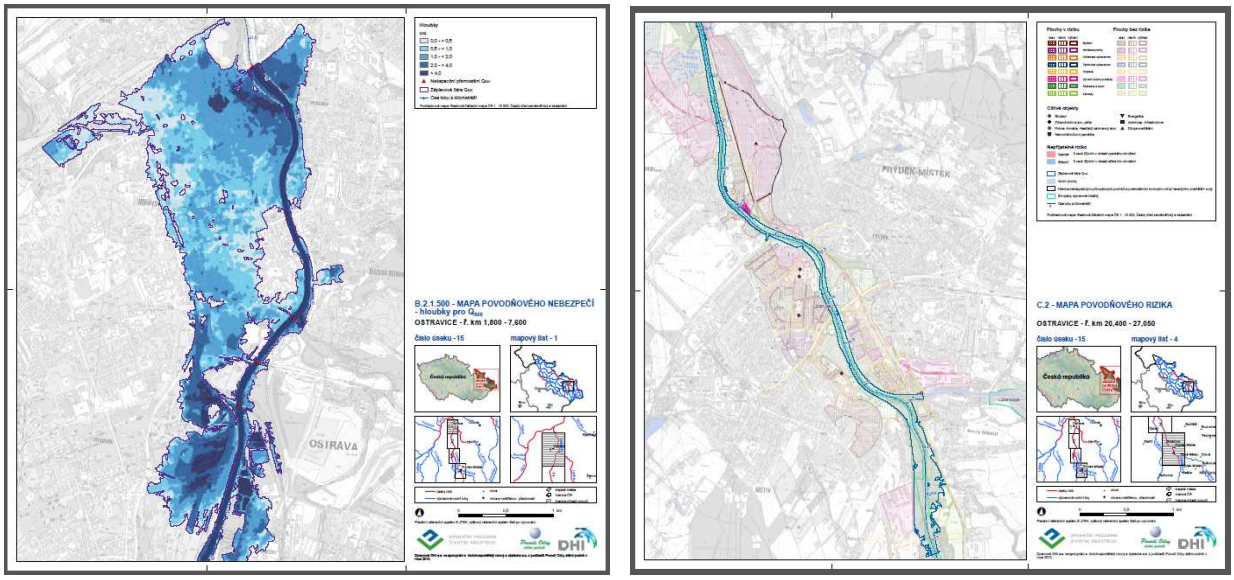
Spôsob hydraulického modelovania: 2D model s flexibilnou výpočtovou sieťou (MIKE 21 FM).

Podrobnosť modelovania: detailné modelovanie vrátane väčšiny budov a ulíc

Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary, hĺbka vody a rýchlosť prúdenia v gridoch 2 x 2 m

Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového nebezpečí a rizik, 1 : 10 000

Vyjadrenie povodňových škôd: NIE



Obr. 4 Ukážka máp povodňového nebezpečí a rizika na rieke Ostravica v Českej Republike

Príklad zo Švédska

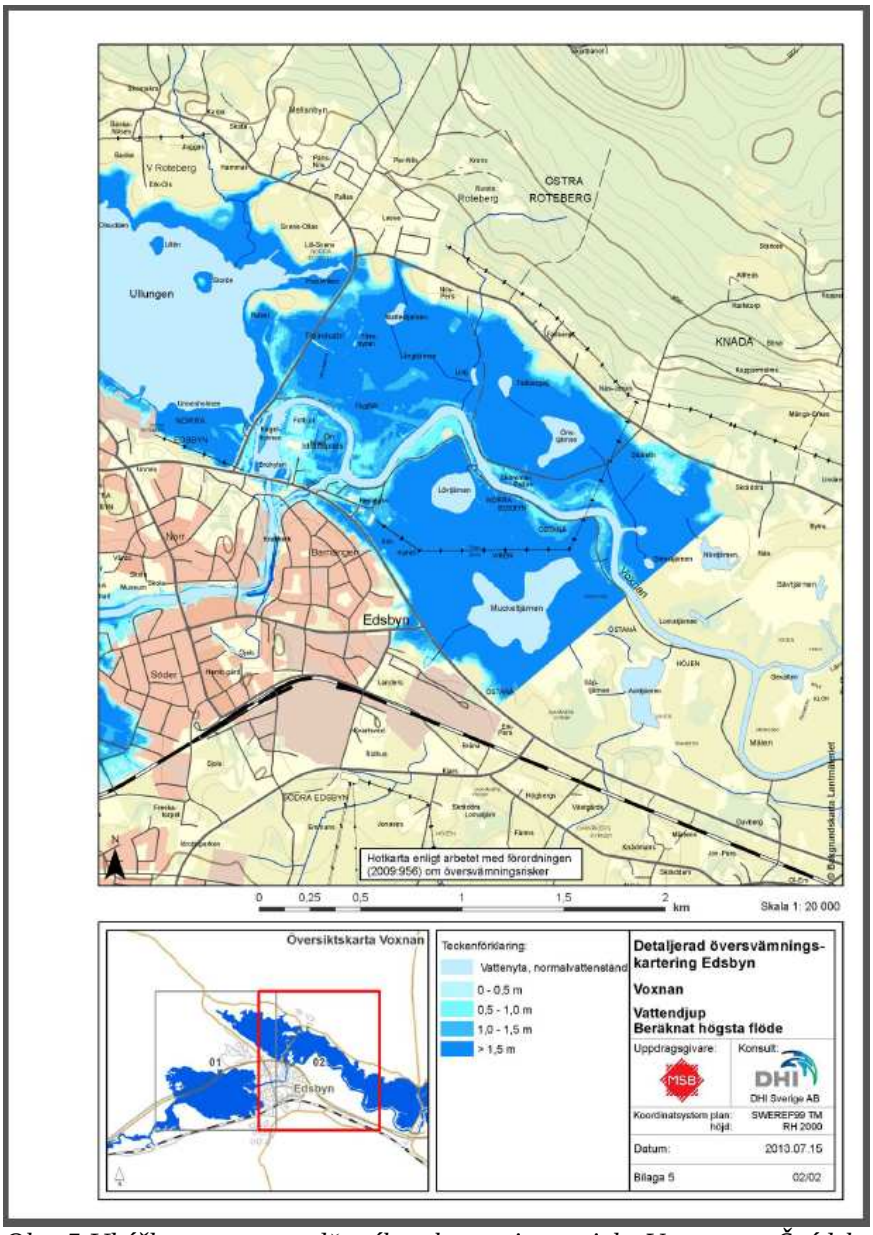
Vo Švédsku bolo identifikovaných 18 oblastí s významným povodňovým rizikom, kde boli vytvorené mapy povodňového ohrozenia a rizika. Zdá sa to byť málo, ale Švédi zrejme vychádzali zo známej definície že riziko je pravdepodobnosť výskytu javu násobená následkami. Vybraných 18 oblastí sú mestá, kde hrozí výskyt povodní a je tam významná koncentrácia obyvateľstva a majetku, takže v prípade povodne hrozia veľké škody. Pre týchto 18 miest boli zostavené detailné hydraulické povodňové modely a vytvorené mapy povodňového ohrozenia a rizika. Na modelovaní desiatich z týchto oblastí sa podieľali pracoviská DHI v Prahe a Bratislave. Klientom bola Švédska agentúra pre civilné núdzové plánovanie MSB.

Modelované a mapované prietoky: Q_{50}, Q_{100}, Q_{200} a Q_{BHF} - maximálny vypočítaný prietok

Spôsob hydraulického modelovania: dynamicky integrované 1D/2D modely s 1D modelom v korytách tokov a 2D modelom záplavových území (MIKE FLOOD), v niektorých oblastiach čisté 2D modely (MIKE 21)

Podrobnosť modelovania: stredne detailné modelovanie vrátane väčšiny budov a ulíc

Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary, hladina vody, hĺbka vody a rýchlosť prúdenia v gridoch 2 x 2 m
Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového ohrozenia a rizika, 1 : 20 000



Obr. 5 Ukážka mapy povodňového ohrozenia na rieke Voxnan vo Švédsku

Príklad z Rumunska – Povodňové mapovanie v povodí rieky Jiu

Součástí projektu „Plán prevence, ochrany a snižování povodňových škod v povodí řeky Jiu“ byly následující části: sběr nových topografických dat (DEM, land-use, příčné profily), sestavení hydrologických a hydrodynamických modelů na vybraných úsecích řek, zpracování map povodňového ohrožení a rizika. Úkolem DHI bylo hydrologické a hydrodynamické modelování a následné zpracování mapových výstupů. Na celém povodí byly sestaveny hydrologické modely, jejichž výstupem byly časové řady průtoků sloužící jako vstupy do hydrodynamických modelů jednotlivých toků. Klientem byl správce toku Povodí Jiu.

Modelované a mapované prietoky: Q_{10}, Q_{100}, Q_{200} a Q_{500}
Spôsob hydraulického modelovania: dynamicky integrované 1D/2D modely s 1D modelom v korytách tokov a 2D modelom záplavových území (MIKE FLOOD), v niektorých oblastiach čisté 2D modely (MIKE 21)
Podrobnosť modelovania: stredne detailné modelovanie
Výstupy hydrodynamického modelovania: záplavové čiary ako polygóny, hladina a hĺbka vody v gridoch 5 x 5 m
Typ povodňových máp a mierka: mapy povodňového ohrozenia a rizika, 1 : 5 000

Záver

Nie je ambíciou tohto príspevku urobiť vyčerpávajúci prehľad používaných metód tvorby a vzhľadu povodňových máp. Z uvedených príkladov možno odvodiť pár nasledujúcich postrehov. Tvorba povodňových máp je štandardne založená na matematickom hydrodynamickom modelovaní prúdenia. Prevládajúcou metódou v uvedených príkladoch je 2D modelovanie, alebo integrované prepojenie 1D modelovania v korytách tokov a 2D modelovania v zaplavenom území mimo koryta. Základom povodňových máp je spravidla znázornenie rozsahu záplavy, hĺbky vody a rýchlosti prúdenia. Modelované a mapované povodňové prietoky sa v jednotlivých krajinách líšia. Obsah máp povodňového rizika sa tiež líši. Rozdielny je vzhľad máp a ich mierky. Otázkou je, či sa v budúcnosti bude obsah a vzhľad povodňových máp v rámci EÚ koordinovane vylepšovať a zjednocovať na základe skúseností z prvého cyklu povodňového mapovania.

Literatúra

Danube Atlas of Flood Hazard and Risk Maps, Danube Flood Risk, 2012
DHI, a.s.: Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Ostravici (úsek Ostrava – Frýdek-Místek) a Olešné (úsek ústí – Paskov), 3/2013
Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV TGM, Praha červen 2011, aktualizováno březen 2012.
Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV, DHI, Praha březen 2012.
Mišík, M. a kol.: Povodeň v meste – nástroj pre podporu rozhodovania VESNA, technická správa projektu aplikovaného výskumu APVV-0234-07, DHI SLOVAKIA 2010
Kučera, M., Mišík, M., Ando, M.: Atlas máp povodňového ohrozenia mesta Banská Bystrica, Hron rkm 170,4 – 181,45. DHI SLOVAKIA 2009.

MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A RIZIK V DÍLČÍM POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

Kateřina Hánová[1], Jiří Kladivo[2], Jan Cihlář[3]

Abstrakt

Mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik jsou součástí plánování v oblasti vod. Jejich cílem je poskytnutí kvalitních podkladů pro správné rozhodování o využití území a o potřebných protipovodňových opatřeních. Mapy se zpracovávají pro celé území ČR a od 22. 12. 2013 budou vystaveny veřejnosti.

Právní rámec

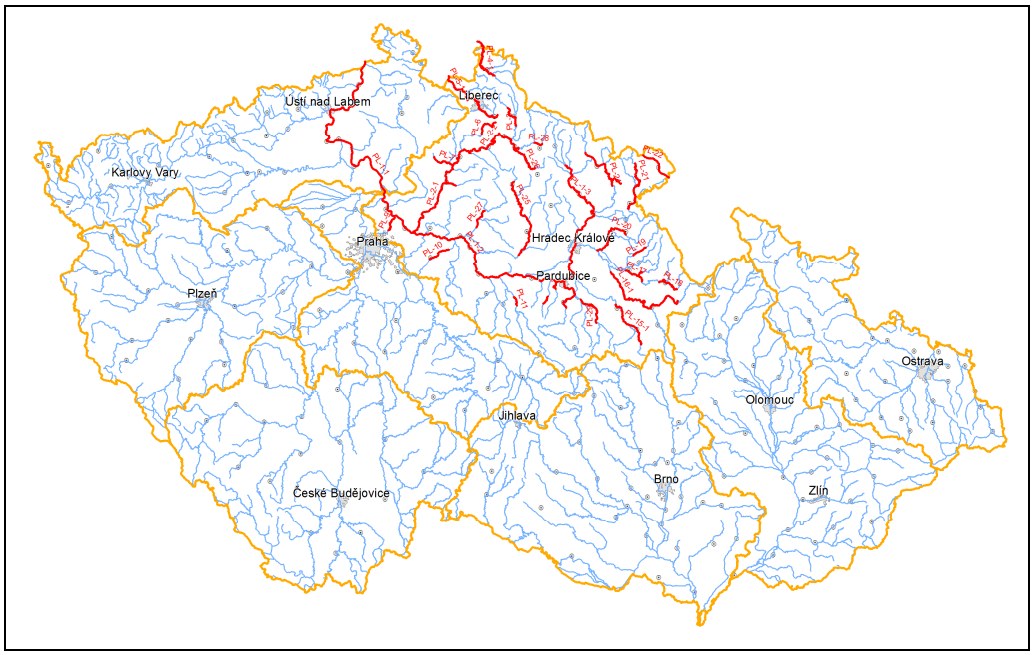
Zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (dále jen „mapy rizik“) je dáno § 25 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách ve znění pozdějších předpisů (dále jen „VZ“) a jsou součástí plánování v oblasti vod. Detailněji se mapám rizik věnuje § 10 vyhlášky č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik.

V rámci procesu plánování v oblasti vod náleží postup zpracování map rizik do části přípravných prací (VZ § 25 odst. (1), písm. a)), jež jsou podkladem pro zpracování návrhů plánů povodí a plánů pro zvládání povodňových rizik (dále jen „PpZPR“) dle VZ § 25 odst. (1), písm. b) a pro plány povodí a PpZPR (VZ § 25 odst. (1), písm. c)).

Mapy rizik budou zveřejněny a zpřístupněny uživatelům vody a veřejnosti od 22. 12. 2013.

Řešené území

Tento článek pojednává o zpracování map rizik v dílčím povodí Horního a středního Labe a uceleném úseku Dolního Labe (viz obrázek 1), jejichž zpracování zajišťuje Povodí Labe, státní podnik.



Obr. 1 *Vymezené oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem v dílčím povodí Horního a středního Labe a uceleného úseku Dolního Labe*

Celkem je řešeno 40 úseků vodních toků s potenciálně významným povodňovým rizikem, z nichž nejdelším úsekem je část toku Labe v délce 331 km a naopak nejkratším je úsek toku Zdobnice v délce 3 km. Přehled všech zpracovávaných úsekům je uveden v následující tabulce:

Tab. 1 *Oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem v dílčím povodí Horního a středního Labe a uceleného úseku Dolního Labe*

ID ÚSEKU	TOK	ÚSEK (od – do)	DÉLKA ÚSEKU [km]
PL-1-1	Labe	st. Hranice - Mělník	111,0
PL-1-2	Labe	Mělník - Opatovice	151,0
PL-1-3	Labe	Opatovice - Hostinné	69,0
PL-2-1	Jizera	ústí - Turnov	83,0
PL-2-2	Jizera	Turnov - Semily	27,0
PL-3	Kamenice	Plavy - Jiřetín pod Bukovou	14,0
PL-4-1	Smědá	ústí - Frýdlant	23,0
PL-4-2	Smědá	Frýdlant - Raspenava	13,0
PL-5-1	Lužická Nisa	ústí - Stráž n. N.	26,0
PL-5-2	Lužická Nisa	Stráž n. N. - Vratislavice	11,0
PL-5-3	Lužická Nisa	Vratislavice - Jablonec n. N.	12,0
PL-6	Mohelka	Hodkovice n. M. - Jablonec n. N.	15,0
PL-7	Bělá	ústí - Bělá p. Bezdězem	13,0
PL-8-1	Klenice	ústí - Řepov	4,3
PL-8-2	Klenice	Řepov	1,7
PL-9	Mratínský potok	ústí - Veleň	9,0
PL-10	Šembera	Poříčany - Český Brod	12,0
PL-11	Doubrava	Vrdy	6,0
PL-12	Podolský potok	Heřmanův Městec	5,0
PL-13	Bylanka	Pardubice	5,0
PL-14	Chrudimka	ústí - Chrudim	25,0
PL-15-1	Loučná	Vysoké Mýto - Litomyšl	25,0
PL-15-2	Loučná	Litomyšl -Čistá	8,0
PL-16-1	Tichá Orlice	Borohrádek - Choceň	20,0
PL-16-2	Tichá Orlice	Choceň - Letohrad	43,0
PL-16-3	Tichá Orlice	Letohrad - Verměřovice	4,0
PL-17	Divoká Orlice	Kostelec - Potštejn	12,0
PL-18	Divoká Orlice	Helvíkovice - Nekoř	15,0
PL-19	Bělá	Solnice - Skuhrov	8,0
PL-20	Dědina	Třebechovice - Dobruška	28,0
PL-21	Metuje	Náchod - Teplice	37,0
PL-22	Stěnava	Otovice - Meziměstí	20,0
PL-23	Rtyňka	Úpice - Rtyně	7,5
PL-24	Úpa	Havlovice - Mladé Buky	29,0
PL-25	Cidlina	Chlumec - Jičín	50,0
PL-26	Oleška	Semily - Stará Paka	24,0
PL-27	Mrlina	Vestec - Rožďalovice	11,0
PL-28	Jizerka	Víchová - Jilemnice	5,0

PL-29	Novohradka	Hrochův Týnec - Luže	24,0
PL-30	Zdobnice	ústí - Vamberk	3,0

Postup prací

Postup prací je rámcově určen Metodikou tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, kterou zpracoval Výzkumný ústav vodohospodářský, v.v.i. v květnu 2011 [1].

Zajištění podkladů

Pro samotné zpracování map rizik bylo zajištěno značné množství podkladů, jako jsou mapové podklady (letecké snímky, ZABAGED, rastrová základní mapa 1:10 000), stávající geodetické podklady (např. zaměření koryta, objektů na toku), hydrologická data (Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500}), hydrotechnické podklady (manipulační řády), vymezená záplavová území a územně plánovací dokumentace dotčených obcí.

Terénní průzkum

Terénní průzkum je nezbytnou součástí tvorby map rizik, neboť je základem pro zadání geodetických prací, tvorbu digitálního modelu terénu a hydrodynamických modelů. Terénní průzkum na řešených úsecích vodních toků a v přilehlém inundačním území proběhl na podzim 2011. Výsledky šetření byly zaznamenány do unifikovaných formulářů a byla pořízena fotodokumentace, příp. videodokumentace.

Letecké snímkování (laserscanning, fotogrammetrie, DMR 4G, DMR 5G)

Pro sestavení digitálního modelu terénu, zejména pro inundační území, jsou vhodným podkladem data z leteckého snímkování. Pro mapy rizik jsou využity podklady ČÚZK, tj. DMR 4G a DMR 5G (po dohodě ČÚZK zpracovalo přednostně listy DMR 5G pro řešené úseky toků) z pásma střed a západ. Podklady z pásma východ nejsou pro projekt k dispozici, proto bylo zajištěno letecké snímkování samostatnou objednávkou.

Pozemní geodetické zaměření

Na základě analýzy stávajícího geodetického zaměření, bylo provedeno pozemní geodetické zaměření, které spočívalo v zaměření příčných profilů, údolnicových profilů, objektů na tocích, břehových hran, povinných spojnic, objektů v záplavovém území a ve vybraných případech byla dělána tachymetrie. Na celkem 1 009 km řešených úseků vodních toků bylo zaměřeno cca 500 příčných profilů a přes 200 objektů.

Zaměření dna toku Labe

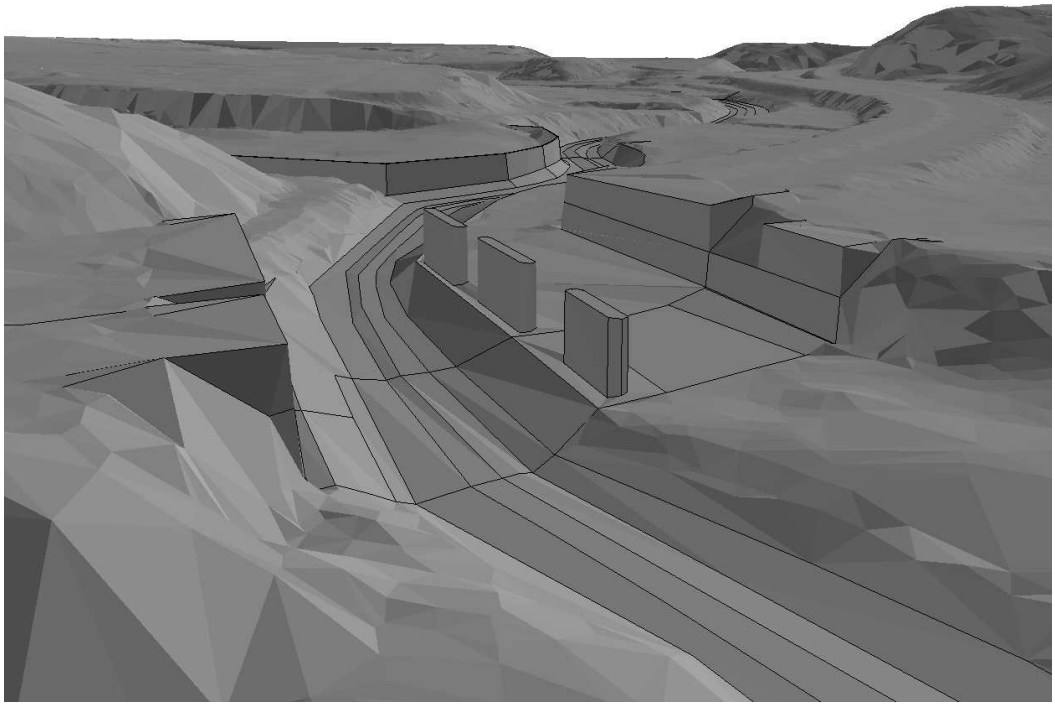
V rámci projektu bylo zaměřeno dno v celé délce úseku toku Labe tlačným remorkérem Střekov. Vzhledem k nesplavnému úseku Týnec nad Labem – Přelouč musel být remorkér v těchto místech převezen (viz Obr. 2)



Obr. 2 *Nakládka tlačného remorkéru Střekov*

Digitální model terénu (DMT)

Digitální model terénu je nezbytným podkladem pro 2D modely a v některých případech je výhodnější i pro 1D modely. DMT je navíc nezbytným vstupem pro vyhodnocování hloubek vody. Základní kostru při tvorbě DMT tvoří triangulační síť vytvořená z leteckého laserového zaměření zájmového území. Do této základní vrstvy je vyříznuto koryto v úrovni vodní hladiny, která byla v řece při pořízení zaměření. Pro tvorbu koryta je použito pozemní geodetické zaměření. V rámci projektu je vytvořeno 1 009 km DMT.



Obr. 3 *Ukázka digitálního modelu terénu*

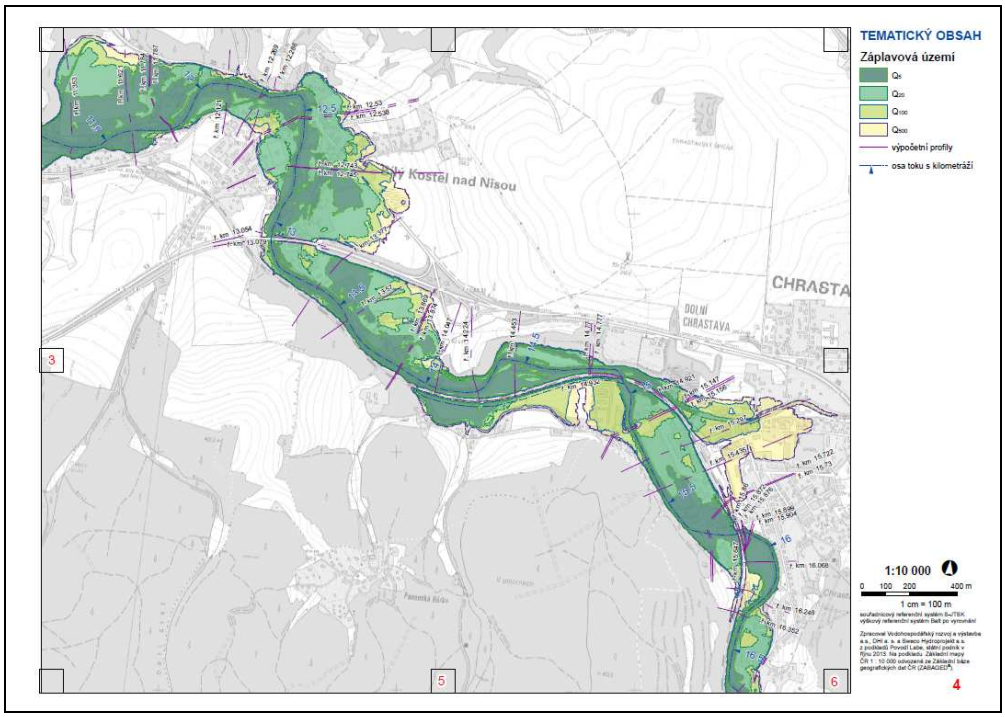
Hydrodynamické modely

V řešeném území jsou tvořeny 1D+ a 2D hydrodynamické modely. 2D modely jsou sestavovány na úseku toku Labe, na Jizeře, Dědině a Lužické Nise. Na modelech jsou simulovány průtokové scénáře Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500}.

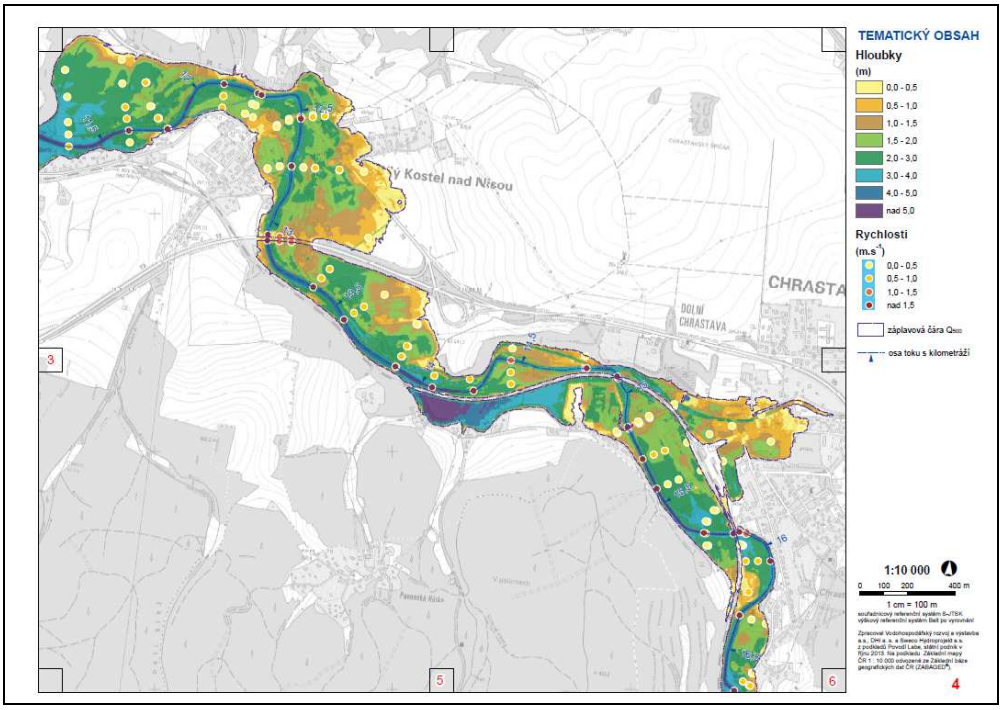
Hlavními podklady pro sestavení hydrodynamických modelů jsou vytvořené DMT, hydrologická data, hydrotechnické podklady, kalibrační podklady a znalost řešeného území z terénního šetření. 1D+ modely schematizují řešené území pomocí příčných profilů a 2D modely popisují řešené území pomocí výpočetní sítě. Geometrie modelů je vytvářena nad DMT, ze kterého přebírá výškovou charakteristiku. Sestavené modely jsou na základě měřených povodňových značek kalibrovány a verifikovány.

Výstupy z hydrodynamických modelů jsou data o hloubkách, rychlostech a rozlivech při Q_5, Q_{20}, Q_{100} a Q_{500} a jsou zobrazeny v mapách povodňového nebezpečí. Simulace jsou prováděny za ustáleného stavu.

V rámci projektu vznikly pro všechny úseky mapy záplavových území, mapy hloubek a rychlostí.



Obr. 4 *Ukázka výstupu – mapa záplavových území na Lužické Nise*



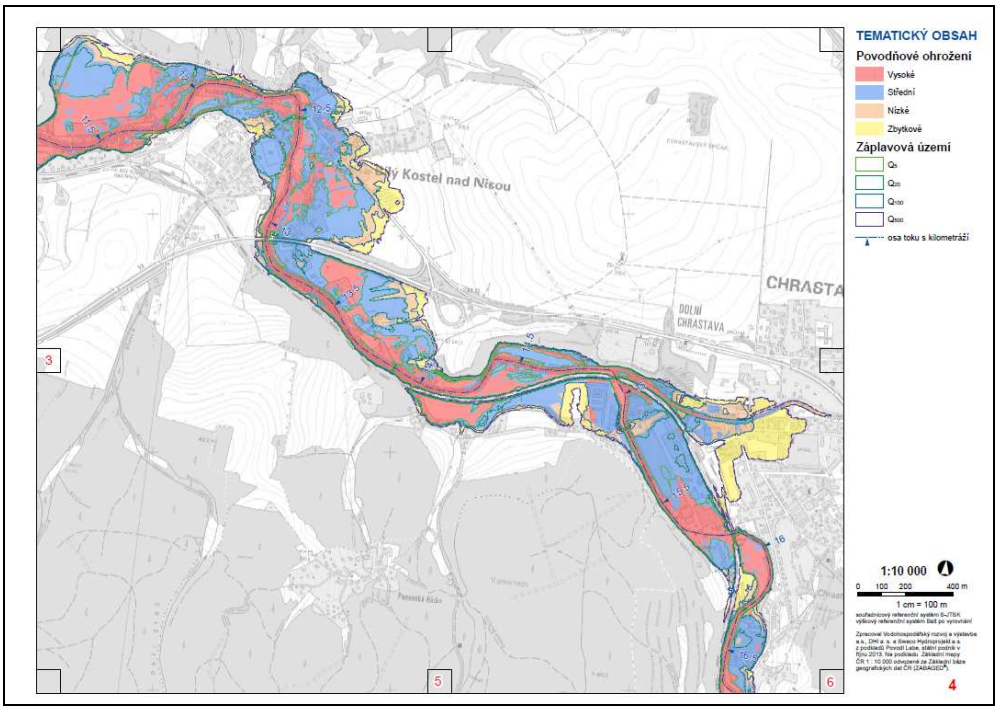
Obr. 5 *Ukázka výstupu – mapa hloubek a rychlostí pro Q_{500} na Lužické Nise*

Územně plánovací dokumentace

Pro sestavení map rizik je nezbytné zajištění územně plánovací dokumentace, jež je zdrojem informací o způsobu využití území. Pro mapy rizik byl využit hlavní výkres územně plánovací dokumentace. Od podzimu 2011 do srpna 2013 probíhalo zajišťování těchto dat a to skrze obce s rozšířenou působností, které mají k dispozici územní plány obcí a také územně analytické podklady anebo přímo prostřednictvím obcí. Výkresy byly k dispozici buď ve vektorové, rastrové nebo papírové podobě.

Mapy povodňového ohrožení

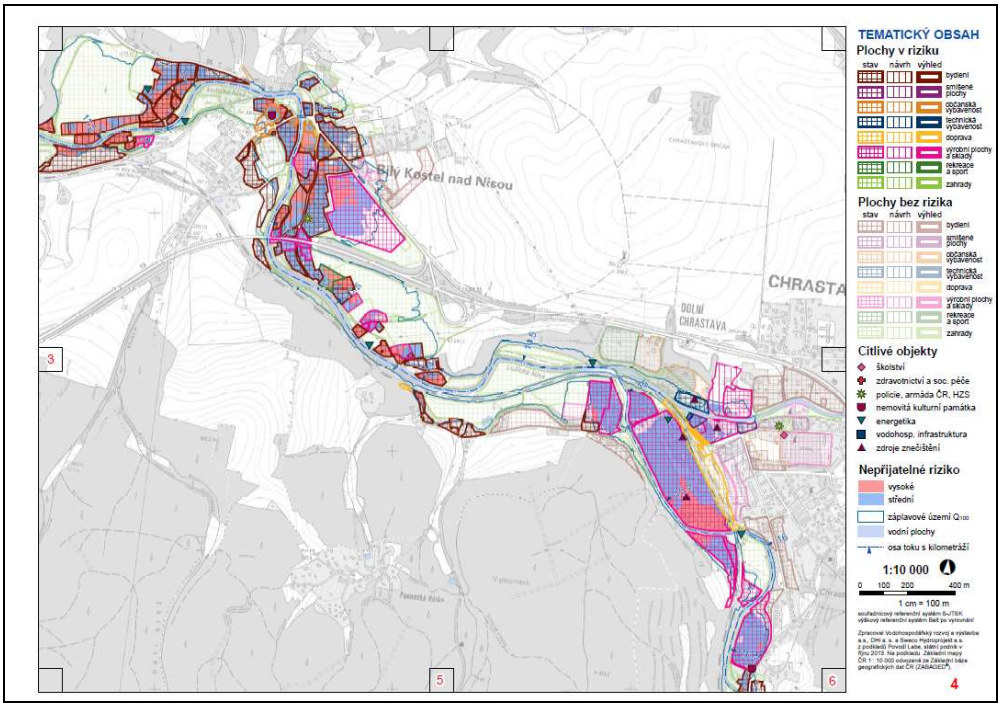
Po mapách povodňového nebezpečí se zpracovávaly mapy povodňového ohrožení. Tyto mapy vyjadřují kombinaci pravděpodobnosti výskytu daného povodňového scénáře a intenzity povodně (funkce hloubky a rychlosti daného povodňového scénáře).



Obr. 6 - *Ukázka výstupu – mapa povodňového ohrožení na Lužické Nise*

Cíl: mapy povodňových rizik

Mapy povodňových rizik, jež jsou výsledkem výše uvedených činností, zobrazují plochy v povodňovém riziku. Povodňové riziko se stanovuje průnikem informací o povodňovém ohrožení a zranitelnosti území. Pro jednotlivé kategorie zranitelnosti území je stanovena míra přijatelného rizika.



***Obr. 7** Ukázka výstupu – mapa povodňových rizik na Lužické Nise*

Mapy rizik lze využít do budoucna zejména při územním plánování, jelikož podávají informace o místech, kde dochází k odtoku povodňového průtoku. Na základě této informace by bylo vhodné posoudit stávající a budoucí využití exponovaného území a případně upravit využití těchto ploch tak, aby nedocházelo ke škodám na majetku, zdraví, ekonomických aktivitách, ale i v přírodě.

Proto se mapy povodňového nebezpečí a mapy povodňových rizik musí stát důležitou a neopominutelnou součástí územně plánovacích podkladů, z nichž územní plánování vychází a které musí při tvorbě územně plánovací dokumentace kteréhokoliv stupně podrobnosti důsledně respektovat jako přírodními podmínkami dané limity využívání území. Modifikace těchto limitů je možná spíše výjimečně a lokálně, jen v případě ekonomicky zdůvodnitelných možností takových vodohospodářských opatření, která jsou schopna snížit povodňové riziko na přijatelnou úroveň [1].

Následující činností je zpracování dokumentací oblastí s významným povodňovým rizikem, ve kterých se budou navrhovat opatření v lokalitách, které jsou v mapách povodňových rizik zobrazeny jako plochy v riziku.

Literatura

[1] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV, v.v.i., květen 2011

Kontakty na autory

1. Ing. Kateřina K. Hánová, VRV a.s., hanova@vrv.cz
2. Ing. Jiří Kladivo, Povodí Labe, státní podnik, kladivoj@pla.cz
3. Ing. Jan Cihlář, VRV a.s., cihlar@vrv.cz

Metodické postupy použité v procesu implementace směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik v podmínkách České republiky

The methodological procedures used in the process of implementation of the Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks in the Czech Republic

Drbal, K., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Brno,
karel_drbal@vuv.cz

Abstrakt
Proces implementace směrnice EU 2007/90/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik byl v ČR iniciován již v průběhu vlastní tvorby předpisu. Podrobným rozborem byly definovány problémové okruhy, jejichž řešení bylo zajištěno: (i) transpozicí principů směrnice do právního řádu ČR, (ii) zahájením vývoje metodických nástrojů nezbytných ke splnění jednotlivých požadavků směrnice. Oba časově náročné dílčí procesy byly moderovány mezirezortní pracovní skupinou vedenou Ministerstvem životního prostředí ČR.
V příspěvku jsou uvedeny principy vybraných metodických postupů včetně dosažených výsledků. Zejména se jedná o fázi vymezení oblastí s významným rizikem, metodickou podporu tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Současně jsou uvedeny další dílčí výsledky využitelné pro přípravu plánů pro zvládání povodňových rizik.

Abstract
The implementation of the EU Directive 2007/90/EC on the assessment and management of flood risks in the Czech Republic was already initiated during the preparation of this Directive. Partial issues were defined by detailed analysis and the solution was provided: (i) the transposition of the Directive principles into the Czech law, (ii) the initiation of the development of methodological tools, which are necessary to meet requirements of the Directive. Both time-consuming processes were moderated by an interdepartmental working group led by the Ministry of Environment.
The paper presents the principles of selected methodologies and obtained results. In particular, it is a procedure for identification of areas where potential significant flood risk exists, the procedures for methodological support for the flood hazard maps and flood risk maps creation. It also provides further partial results which can be used for the preparation of flood risk management plans.

Klíčová slova
povodňové nebezpečí, povodňové ohrožení, zranitelnost, expozice, povodňové riziko, oblasti s významným povodňovým rizikem, riziková analýza, předběžné vyhodnocení,

1. Úvod

V souvislosti s povodňovými situacemi získali obyvatelé České republiky za posledních šestnáct let, tj. od roku 1997 do června 2013 tragické zkušenosti, které dokládají smutné údaje: 137 obětí na lidských životech a téměř 188 mld. Kč materiálních škod. Negativní povodňové dopady vyplývají ze dvou hlavních typů povodňového nebezpečí, kterým je území České republiky vystaveno. Máme v živé paměti jak problémy spojené s odstraňováním následků povodní z regionálních dešťů, tak nově se snažíme rozumnou měrou předcházet a minimalizovat škody povodní z přívalových srážek. Nejsou výjimkou ani kombinace obou typů příčinných jevů tak, jak tomu bylo letos v červnu zejména v povodích Ohře, Berounky a horní Vltavy.
Ochraně před povodněmi je v ČR věnována velká pozornost a vynakládány nemalé finanční prostředky jak v oblasti prevence, tak v rámci operativních opatření. Ochrana před negativními dopady povodní jako soubor opatření je výsledkem dlouhodobého procesu, v rámci kterého jsou po uvážení

všech racionálních možností řešení zvoleny ty efektivní. Za efektivní řešení je nutno chápat takové, které je ve výsledku pořízeno za únosnou cenu při minimálních negativních vedlejších účincích a za udržitelné provozní (servisní) náklady. K tomu je nutné ve fázi tvorby návrhů opatření propojit řadu informací, znalostí, výsledků pozorování tak, aby bylo možné minimalizovat případné kolize zájmů, účelů a efektů. Nicméně uplatnění systémových přístupů v řešení ochrany před negativními účinky povodní a dalšími průvodními jevy vyžaduje provedení několika nezbytných logických kroků. Z obecného pohledu zmíněná posloupnost činností znamená: (i) aktuální vyjádření míry nebezpečí, (ii) věrohodné vyjádření či kvantifikaci možných dopadů, (iii) volbu hledisek klasifikace a kritérií výběru nezbytných k definování splnitelného cíle/cílů ochrany, (iv) návrh postupů k dosažení cílů, (v) vypracování variant srovnatelných z pohledu plnění cílů ochrany, (vi) výběr optimálního řešení. Optimem může často být kostra systému ochrany sestavené z klíčových prvků. Nalezením výsledného řešení se zcela celý postup neuzavírá, protože po následném zahrnutí obtížně kvantifikovatelných hledisek či upřesnění požadavků může nastat korekce cílů a proces se vrací do kroku (iii). Již byl zmíněn problém celého postupu, který spočívá ve vybalancování střetů zájmů, kolizí aktivit, a zejména ve výsledné efektivní výši součtu pořizovacích a provozních nákladů. Dosažení tohoto stavu pak vyžaduje přípravu řady metodik, na základě kterých je možné objektivizovat jednotlivé kroky uvedeného postupu.

Nezbytnost propracovaných objektivních postupů posuzování míry povodňového nebezpečí, vyjádření povodňového rizika a stanovení výše možných škod, které ve výše nastíněném postupu reprezentují kroky (i) a (ii), připomínaly doporučení z výsledných zpráv vyhodnocení katastrofálních povodňových situací v ČR zejména z let 1997, 2002, 2006. Výzkum prakticky využitelných metod v podmínkách České republiky probíhal od druhé poloviny 90. let (projekty VaV/650/5/02, SP/1c2/121/07), zavádění těchto postupů do právního rámce a rutinní praxe akcelerovalo schválení Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik – Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks (dále Směrnice 2007/60/ES) v říjnu 2007. Tento právní dokument ukládá členským státům EU povinnost postupně na jejich území vyhodnotit povodňové nebezpečí, riziko a pořízené informace zpracovat do formy příslušného mapového vyjádření. Termíny vypracování zmíněných dokumentů včetně postupů jak efektivně zmírnit možné dopady povodní jsou v návrhu Směrnice 2007/60/ES uvedeny následující posloupností vyžadovaných aktivit:

do 22. 12. 2011 dokončit předběžné vyhodnocení povodňových rizik,
do 22. 12. 2013 zajistit dokončení map povodňového nebezpečí a rizik,
do 22. 12. 2015 zajistit dokončení a zveřejnění plánů pro zvládání povodňových rizik.

2. Stav plnění požadavků Směrnice 2007/60/ES

Splnění uvedených úkolů znamenalo iniciaci procesu implementace Směrnice 2007/60/ES do právního prostředí a institucionálního rámce České republiky již od druhé poloviny roku 2007 v gesci MŽP ČR. Zásadní byla transpozice principů směrnice a terminologického aparátu do novely zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) zákonem č. 150/2010 Sb. s účinností od 1. 8. 2010. Druhým právním předpisem, který úzce souvisí se směrnicí o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik je nová vyhláška č. 24/2011 Sb. o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik (účinnost od 4. 3. 2011). Vyhláška uvádí způsob a formu zpracování předběžného vyhodnocení povodňových rizik, obsah a způsob zpracování map povodňového nebezpečí, map povodňových rizik a formy jejich zveřejnění, obsah a způsob zpracování plánů pro zvládání povodňových rizik a konečně způsob zpřístupnění přípravných prací, návrhů plánů pro aktivní zapojení veřejnosti. Činnosti, které souvisejí se zmíněným procesem, probíhají i nyní. Nicméně je vhodné zmínit ty z aktivit, jejichž minimálně metodická část je připravena k použití. V intencích požadavků Směrnice 2007/60/ES byla v České republice v termínu ukončena fáze tzv. předběžného vyhodnocení povodňových rizik s výslednou identifikací oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem. Pro další krok byly vypracovány a ověřeny postupy vhodné k tvorbě map povodňového nebezpečí a zejména map povodňových rizik, které umožní přesně určit místa s vysokou mírou povodňového rizika vzhledem k současnému, příp. uvažovanému, způsobu využívání příslušného území.

3. Definice povodňového rizika

Velmi frekventovaným termínem nejen v uváděné problematice je termín „riziko“. Jelikož se s riziky setkáváme v každodenním životě, má tento pojem tedy jistě celou řadu významů, které odpovídají hůře či lépe popisovanému jevu či realitě. Povodňové riziko je vyjádřeno nejčastěji jako kombinace pravděpodobnosti výskytu nežádoucího hydrologického jevu a odpovídajících potenciálních povodňových škod. V širších souvislostech pak může být povodňové riziko vyjádřeno jako kombinace pravděpodobnosti výskytu nežádoucího jevu (povodně, scénáře nebezpečí) a jeho nepříznivých dopadů na lidské zdraví, životní prostředí, kulturní dědictví a hospodářskou činnost.

Riziko je v rámci tohoto přístupu definováno jako n-tice vektorů (Tichý, 1994):

$$RI_i \equiv (Sc_i, P_i, D_i), i = 1,...,n, \quad (1)$$

kde

Sc scénář nebezpečí,
P pravděpodobnost výskytu scénáře nebezpečí,
D následky (poškození, škoda), vyjádřené ve vhodných jednotkách.

Všechny tyto veličiny jsou časově závislé, neboť jak scénář nebezpečí, tak pravděpodobnost jeho výskytu a škoda se mohou v čase měnit. V souladu s uvedenou obecnou definicí je možné riziko určit podle vztahu

$$RI(\mathbf{D}) = \int_0^\infty D(u|\mathrm{O}) \cdot g(u) \cdot du\,. \quad (2)$$

$D(u \mid \mathrm{O})$ je funkce následků, u je kvantifikátor události závislý na vektoru opatření a rozhodnutí O (výška ochranné hráze podél toku, včasná evakuace, apod.), který ovlivňuje následky extrémní události, $g(u)$ je hustota pravděpodobnosti výskytu události (*scénáře nebezpečí*) s následky $D(u \mid \mathrm{O})$.

Pokud jsou důsledky povodní vyjádřitelné v diskrétní formě, pak dílčí riziko RI_i vyplývající z realizace i-tého scénáře nebezpečí lze vypočítat podle vztahu

$$RI_i = P_i \cdot D_i \quad (3)$$

Potom pro celkové riziko *RI* z realizace *n* statisticky nezávislých scénářů nebezpečí platí

$$RI = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot D_i\,, \quad (4)$$

kde P_i je roční pravděpodobnost výskytu i-tého scénáře nebezpečí

$$P_i = 1 - e^{-\frac{1}{N}} \text{ (doba trvání T=1 rok).} \quad (5)$$

4. Předběžné vyhodnocení povodňových rizik (PVPR)

Stěžejním cílem předběžného vyhodnocení povodňových rizik v České republice bylo vybrat na základě co nejširšího plošného posouzení povodněmi ohrožených území takové oblasti, kde jsou povodňová rizika významná a pro které je žádoucí a současně i reálně možné v průběhu šesti let platnosti prvních plánů oblastí povodí, tj. do roku 2015, připravit plány pro zvládání povodňových rizik, a to na základě zpracování map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik. Vedle schopnosti postihnout hodnocením co největší část území státu, kde mohou existovat povodňová rizika, je tedy podstatným požadavkem na použitou metodiku i nabídnout co nejobjektivnější kriteria pro stanovení významnosti rizik při potřebě porovnat i oblasti s velmi rozdílnými podmínkami fyzicko-geografickými, s rozdílným využitím území a s výraznými rozdíly v míře ohrožení povodňovým nebezpečím.

Z uvedeného vyplývá, že základní otázkou pro nastartování procesu předběžného vyhodnocení povodňových rizik bylo exaktní vymezení obsahu sousloví „významné povodňové riziko“. Směrnice 2007/60/ES vyžaduje, aby tento proces byl založen na dostupných nebo snadno odvoditelných informacích a aby byl opakovatelný v šestiletých plánovacích cyklech. Současně ponechává definici „významnosti“ na každém z členských států EU.

K předběžnému vyhodnocení povodňových rizik v České republice byly použity zásadně standardně zpracovávané databáze poskytující podklady zejména o lokalizaci a prostorovém vymezení dále

uvedených prvků a způsobů využití území, případně informace vhodné pro posouzení nebo vyhodnocení následků, ke kterým by mohlo docházet při zasažení příslušných objektů povodněmi. Jednalo se zejména o následující podkladové informační zdroje především ve formě databází GIS:

- Vymezení záplavových území pro standardně zpracovávané povodňové situace z regionálních srážek pro průtoky s dobou opakování 5, 20 a 100 let, příp. jiné, databáze DIBAVOD;
- Počty trvale bydlících osob lokalizované podle adresných bodů budov, databáze Registr sčítacích obvodů (ČSÚ), databáze Budovy, databáze katastrálních území (ČÚZaK);
- Hodnota fixních aktiv (rok 2006) v územních jednotkách pro stanovení odhadu majetku dotčeného projevy povodňového nebezpečí na zastavěných plochách a v dopravní infrastruktuře;
- Vymezení zastavěných ploch podle druhu využití a lokalizace silniční dopravní infrastruktury v databázích ZABAGED;
- Lokalizace objektů, ve kterých se nakládá s nebezpečnými látkami podléhajícími předpisům o integrované prevenci a omezování znečištění (směrnice 96/61/ES a navazující předpisy) a které mohou způsobit havarijní znečištění vod a životního prostředí při zasažení středním scénářem povodňového nebezpečí (Q_{100}). Databáze IRZ (Integrovaný registr znečištění), RPZZ (Registr průmyslových zdrojů znečištění) a krizové plány těchto objektů;
- Lokalizace kulturních a historických památek (databáze Národního památkového ústavu - NPÚ) s doprovodnými informacemi o závažnosti jejich ohrožení záplavovou vodou středním scénářem povodňového nebezpečí (Q_{100}).

4.1 Přípravné vyhodnocení povodňových rizik

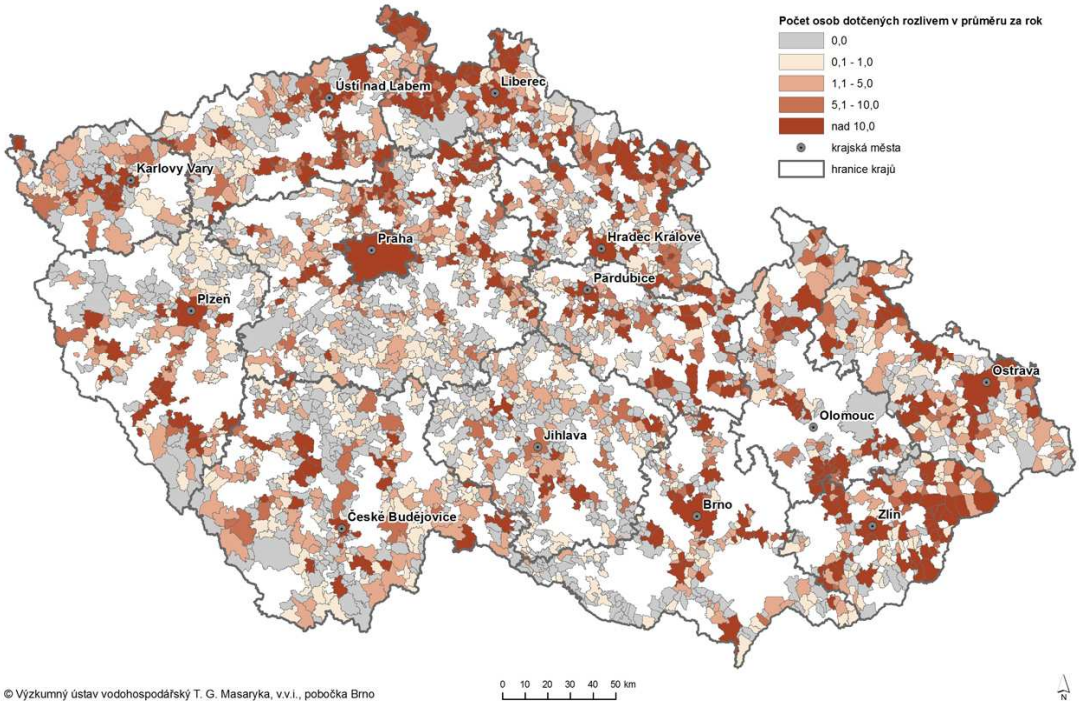
Předběžné vyhodnocení povodňových rizik bylo založeno na využití dvou základních hledisek, podle kterých lze dopad povodňového nebezpečí kvantifikovat. Kvantitativní vyjádření parametrů základních hledisek předběžného vyhodnocení povodňového rizika, které je založeno na definici rizika (viz kap. 3), bylo provedeno pro jednotlivé scénáře povodňového nebezpečí.

Základními hledisky pro výběr oblastí s významným povodňovým rizikem byly zvoleny:

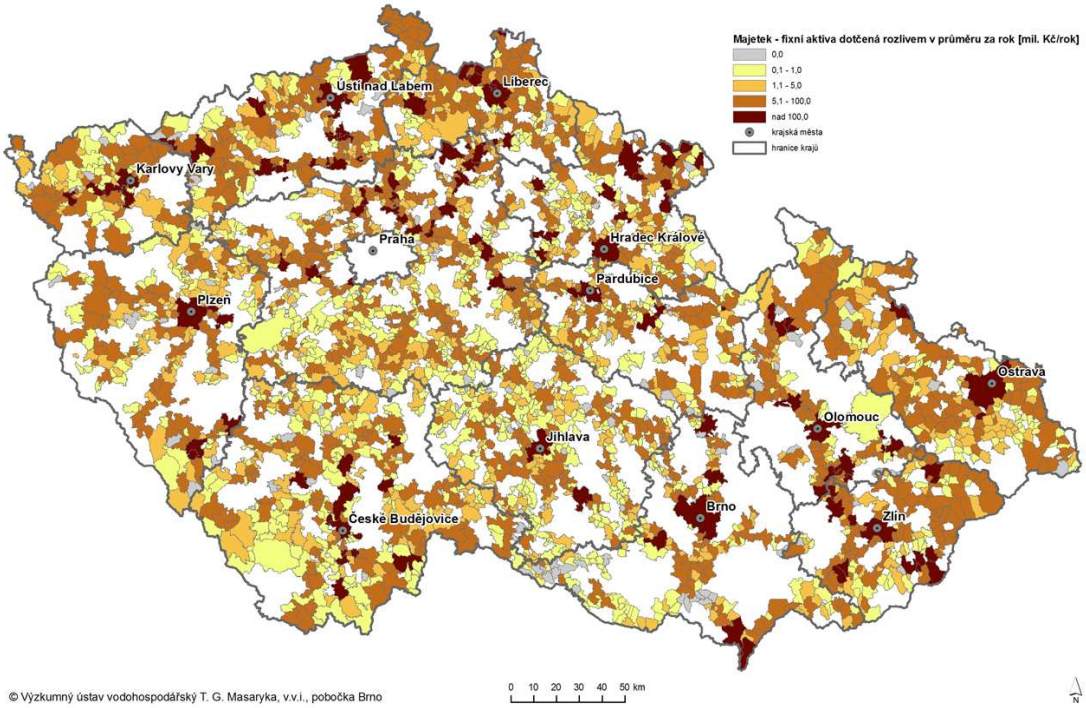
počet obyvatel pravděpodobně dotčených povodňovým nebezpečím v záplavových územích, podle všech dostupných scénářů nebezpečí (zejména Q_5, Q_{20}, Q_{100}), v průměru za rok (obr. 1);

hodnota majetku na zastavěných plochách a příslušejícího do silniční dopravní infrastruktury pravděpodobně dotčeného povodňovým nebezpečím v záplavových územích, podle všech dostupných scénářů nebezpečí (zejména Q_5, Q_{20}, Q_{100}), v průměru za rok (obr. 2).

Počet obyvatel a hodnota majetku (fixních aktiva) dotčené projevy povodňového nebezpečí pro jednotlivé scénáře určité doby opakování byly stanoveny jako průniky plochy příslušného záplavového území pro průtok Q_n, ploch sčítacích obvodů a ploch odpovídajícího typu zastavěného území v základní územní jednotce konkrétní obce. Při vyčíslení hodnoty dotčeného majetku se předpokládalo v rámci správních jednotek, pro které ČSÚ byly poskytnuty údaje o hodnotě fixních aktiv, jeho rovnoměrné rozložení na jednotku plochy zastavěného území ve všech obcích příslušné správní jednotky.



Obr. 1 Trvale bydlící osoby dotčené povodňovým nebezpečím v průměru za rok



Obr. 2 Hodnota majetku (fixních aktiv) dotčená povodňovým nebezpečím v průměru za rok [mil. Kč/rok]

Pomocná hlediska sloužila k upřesnění rozsahu oblastí s významným povodňovým rizikem, po jejich vymezení podle základních hledisek při nastavení kriterií podle kap. 3.2. Jednalo se o následující údaje:

- povodňové ohrožení objektů, ve kterých se nakládá s nebezpečnými látkami a mají proto potenciál způsobit havarijní znečištění vody nebo životního prostředí při zasažení povodní Q_{100};
- povodňové ohrožení kulturních a historických památek při Q_{100};

Za povodňové ohrožení zmíněných objektů se považoval stav, kdy byla indikována lokalizace některého objektu v ploše záplavového území pro průtok Q_{100} a současně bylo z podkladových informací o objektech patrné, že zasažením objektu rozlivem může dojít k ohrožení vod nebezpečnými látkami nebo k ohrožení památkově chráněného objektu.

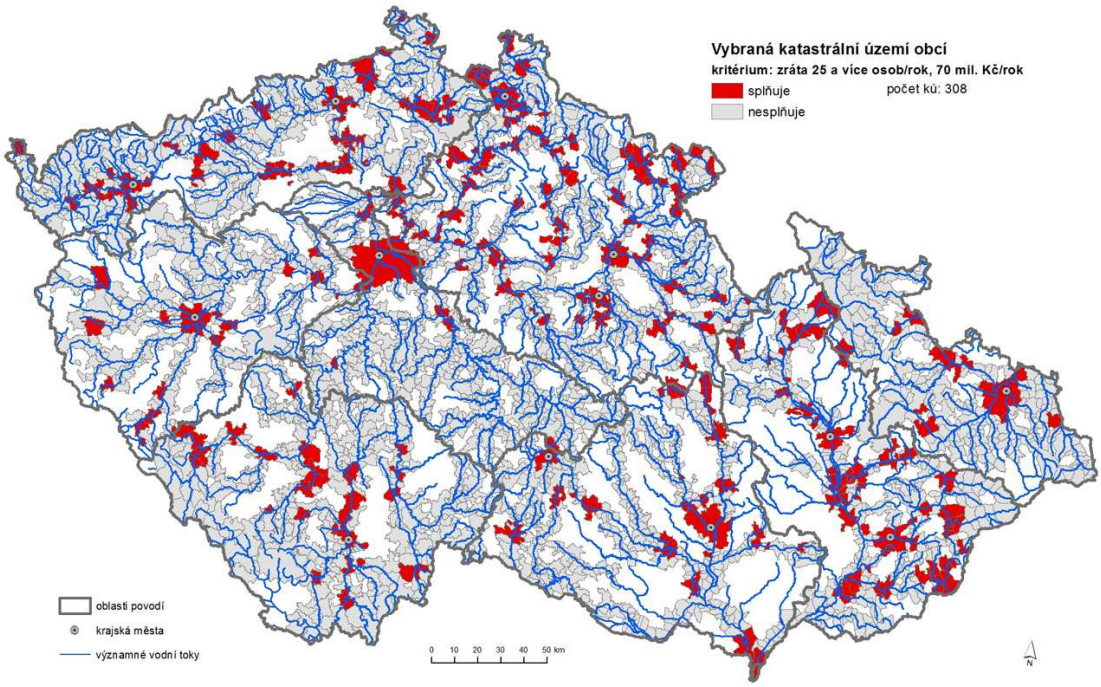
- Odhad zvětšeného rozsahu ohrožení území scénářem extrémního povodňového nebezpečí – Q_{500};

4.2 Vymezení oblastí s významným povodňovým rizikem

K vlastnímu vymezení oblastí s významným povodňovým rizikem bylo na základě testovacích analýz doporučeno použít pro základní hlediska toto nastavení kriterií:

- počet obyvatel dotčených povodňovým nebezpečím ≥ 25 obyv./rok,
- hodnota dotčených fixních aktiv povodňovým nebezpečím ≥ 70 mil. Kč/rok,

přičemž do výběru byly zahrnuty všechny základní územní jednotky (ZÚJ) měst a obcí, ve kterých byla naplněna alespoň jedna z podmínek kombinovaného kriteria. Za primární oblast s významným povodňovým rizikem je považována území charakterizované úsekem hlavního toku vymezený ZÚJ, kde byla naplněno a překročeno uvedené kriterium (obr. 3). V případě, že vybrané základní územní jednotky spolu nesousedí, byly spojeny vymezené úseky do jednoho souvislejšího úseku toku buď na základě vyhodnocení pomocných hledisek, nebo s ohledem na praktickou řešitelnost hydrologických souvislostí. Ukázalo se, že je žádoucí provést i analýzu jednotlivých případů obcí, kde podle vyhodnocení základních kriterií nebylo dosaženo hodnot zvolených mezí (25 obyv./rok, 70 mil. Kč/rok majetku), s cílem zjistit, zda tato situace nenastala jako následek použitých zjednodušení.



Obr. 3 Identifikace území s významným povodňovým rizikem na základě kombinovaného kritéria 25 a více obyvatel anebo 70 a více mil. Kč hodnoty majetku dotčených povodňovým nebezpečím v průměru za rok (označené červeně - celkem 308 základních územních jednotek)

Předpokládá se, že při následných aktualizacích předběžného vyhodnocení povodňových rizik v šestiletých cyklech se nastavení hodnot pro základní hlediska upraví, např. podle postupu realizace plánu pro zvládání povodňových rizik z předchozím plánovacím cyklu.

4.3 Výstupy fáze předběžného vyhodnocení povodňových rizik

Výsledkem analýz je vymezení úseků toků a také seznam obcí, u kterých jsou povodňová rizika předběžně vyhodnocena jako významná a pro které jsou nyní zpracovávány a dokončovány mapy

povodňového nebezpečí, mapy rizik v rámci šestiletého cyklu příprav plánů povodí a plánů pro zvládání povodňových rizik.

V době zpracování úlohy předběžného vyhodnocení povodňových rizik byly dostupné údaje vymezených záplavových území pro 10 890 km toků, což představuje cca 67 % tzv. významných vodních toků (Vyhláška č. 178/2012 Sb.). Tab. 1 uvádí aktuální hodnoty parametrů základních hledisek předběžného vyhodnocení povodňového rizika pro jeden ze scénářů povodňového nebezpečí na těchto tocích (Q_{100}). Z pohledu směrnice 2007/60/ES se jedná z hlediska četnosti výskytu o reprezentanta středních situací (scénáře nebezpečí). Z dostupných údajů vyplývá, že rozlivy jevů s pravděpodobností výskytu 1 % mohou být dotčeny základní územní jednotky 3006 měst a obcí v ČR. Celkový počet obyvatel v těchto obcích představoval v roce 2009 (doba prováděných analýz) 84 % podíl obyvatel České republiky. Hodnota majetku měst a obcí jejichž základní územní jednotka je dotčena rozlivy Q_{100} pak dosahovala 82 % hodnoty fixních aktiv ČR (hodnota za rok 2006). Jednotlivá hlediska nebylo možné uplatnit na všechny z 3006 měst a obcí, neboť bytové domy byly dotčeny povodňovými rozlivy v 1819 obcích, komunikace v 2813 případech a zastavěné plochy pak v 2490 městech a obcích. Byla také zjištěna nezanedbatelná množina měst a obcí, pro které nebylo vyhodnoceno žádné ze zvolených hledisek, protože rozlivem byla dotčena „pouze“ zemědělská či lesní půda v jejich ZÚJ.

Tab. 1 Hodnoty parametrů základních hledisek předběžného vyhodnocení povodňového rizika pro rozlivy s dobou opakování 100 let

	Trvale bydlící osoby	Komunikace [km]	Zastavěné plochy [ha]	Hodnota majetku [mil. Kč] rok 2006
Celkem za ČR	10 160 406	388 950	185 091	12 416 936
Celkem v obcích dotčených rozlivem Q_{100}	8 555 378	246 877	137 643	10 140 261
Dotčeno rozlivem Q_{100}	396 864	11 074	11 145	746 278
Podíl v dotčených obcích [%]	4,64	4,47	8,10	7,36

Hlavním výstupem je přehledná mapa oblastí povodí v České republice s vyznačenými úseky toků, které charakterizují oblasti s významným povodňovým rizikem (obr. 4).



Obr. 4 Úseky toků definující oblasti s významným povodňovým rizikem

Celková délka úseků významných vodních toků v oblastech, kde bylo vyhodnoceno povodňové riziko jako významné, činí 2 965 km.

5. Metodické postupy vyjádření povodňových rizik v záplavových územích

Posuzování míry povodňového nebezpečí, vyjádření povodňového rizika a výše možných škod patří k velmi aktuálním problémům nejen ve vodním hospodářství. Směrnice 2007/60/ES ukládá členským státům pevnými časovými termíny povinnost postupně na jejich území vyhodnotit povodňové nebezpečí, riziko a tato vyhodnocení zpracovat do formy příslušného mapového vyjádření.
Za tímto účelem byla připravena metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (Drbal, 2011). Hlavním cílem navržené metodiky je vytvoření a následné poskytnutí podkladů zejména odborné veřejnosti pro kvalifikované rozhodování o využití území v rámci územního plánování i o potřebách a rozsahu opatření proti vzniku povodňových škod. Toho je možné dosáhnout využitím výsledků na základě analýz provedených podle metodiky, jejichž součástí jsou také členění inundačních území podle stupně povodňového rizika. Jedná se o podklad zejména pro stanovení priorit návrhů protipovodňových opatření. Obecně metodika představuje určité schéma postupů zaměřených na povodněmi ohrožená území. Jednotlivé pracovní fáze uvozují následující tři klíčové pojmy.
Povodňové nebezpečí - charakterizuje stav s potenciálem způsobit nežádoucí následky (povodňové škody) v záplavovém území. Povodňové nebezpečí lze definovat také jako „hrozbu“ události (povodně), která vyvolá např. ztráty na lidských životech, škody na majetku, přírodě a krajině. Kvantifikace povodňového nebezpečí se provádí na základě hodnot charakteristik průběhu povodně.
Zranitelnost území - vlastnost území, která se projevuje jeho náchylností k poškození a škodám v důsledku malé odolnosti vůči extrémnímu zatížení povodní, tj. v důsledku tzv. expozice.
Pojem *povodňové riziko*, jehož podrobná definice je uvedena v kap. 3, vyjadřuje syntézu účinků povodňového nebezpečí, zranitelnosti a expozice.

5.1 Charakteristiky průběhu povodně

Povodňové nebezpečí je vyjádřeno tzv. charakteristikami průběhu povodně pro zvolené scénáře povodňového nebezpečí. Jedná se o rozsahy rozlivů, hloubky zaplavení a rychlosti proudění vody. Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí v podmínkách ČR je určení prostorového rozdělení zmíněných charakteristik a jejich zpracování do podoby tzv. map povodňového nebezpečí pro jevy s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let.
V současné době je k dispozici více platforem programového vybavení, které umožňují efektivní hydraulické modelování či prostorové analýzy. Výsledné datové sady mají různý formát i přesnost a metodika nabízí odpovídající formy vizualizace výstupů.

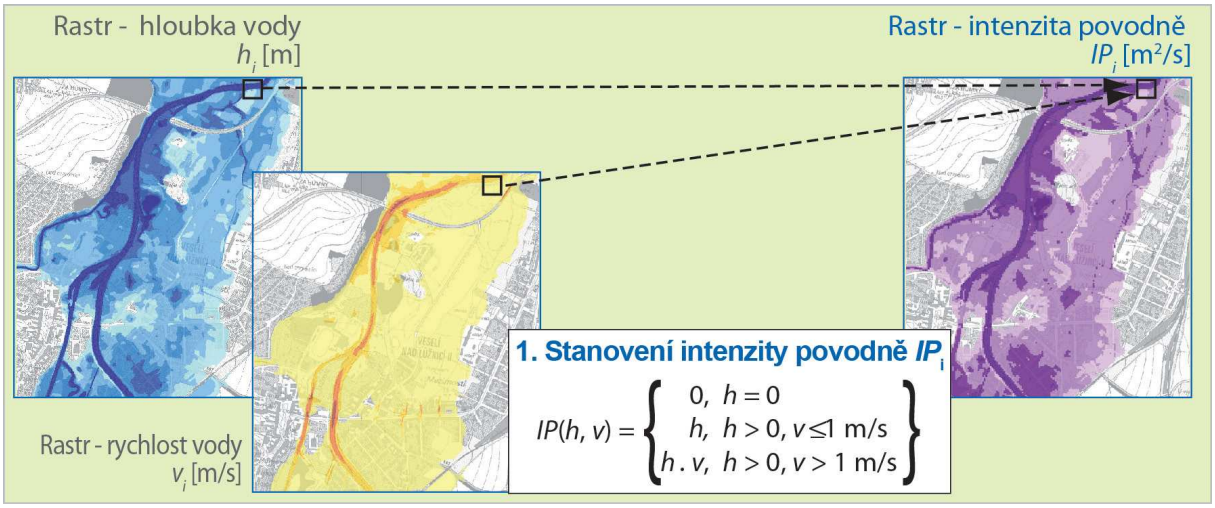
5.2 Metoda matice rizika

Hodnocení povodňového ohrožení a povodňového rizika záplavových území je prováděno pomocí tzv. metody matice rizika. Jedná se o jeden z nejjednodušších postupů pro hodnocení potenciálního ohrožení a rizika v záplavových územích. Metoda nevyžaduje kvantitativní odhad škody způsobené vybřežením vody z koryta, ale vyjadřuje povodňové riziko pomocí tzv. škálování.

Postup metody spočívá v následujících krocích:

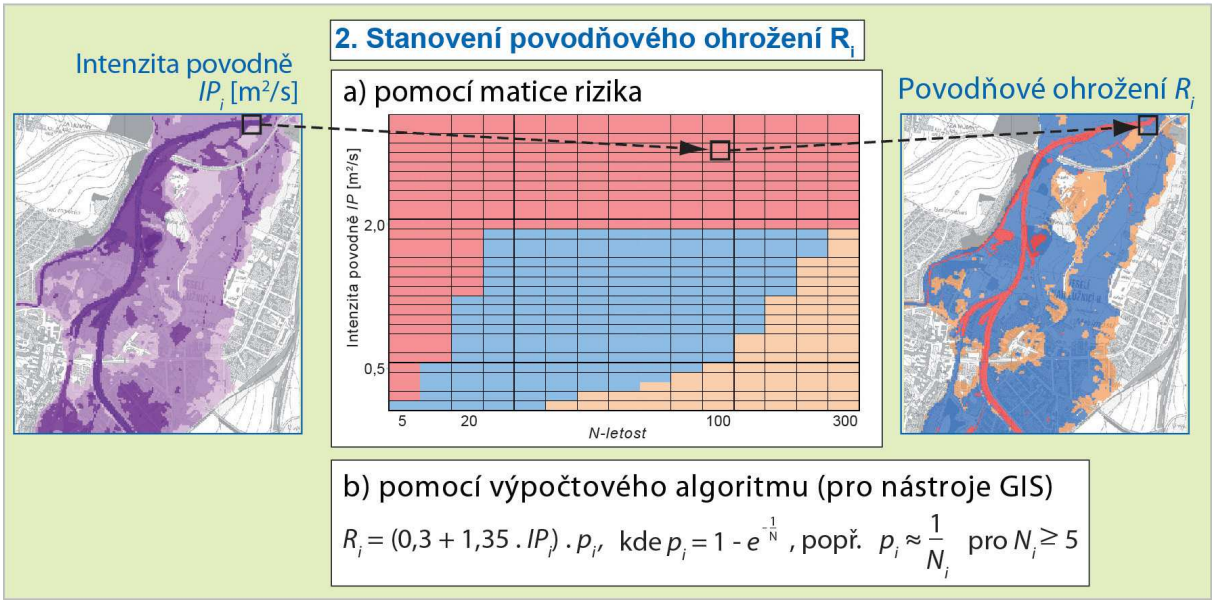
- Kvantifikace povodňového nebezpečí – výpočet intenzity povodně (obr. 5);
- Stanovení povodňového ohrožení pomocí matice rizika;
- Určení ploch s nepřijatelným rizikem

Vstupními daty jsou výsledky hydraulického modelování: hloubka vody a rychlost proudění pro scénáře s dobou opakováni 5, 20, 100 a 500 let.
Nově zaváděnou veličinou je *intenzita povodně* (*IP)*, která představuje měřítko ničivosti povodně a je definována jako funkce hloubky vody *h* [m] a rychlosti vody *v* [m/s].
Výpočet *IP* je třeba provést pro všechny sledované scénáře povodňového nebezpečí (standardně pro dobu opakování 5, 20, 100 a 500 let). Výsledkem výpočtů jsou rastrová data, ve kterých každá buňka rastru obsahuje údaj o intenzitě povodně *IP* pro jednotlivé povodňové scénáře.



Obr. 5 Stanovení intenzity povodně IP_i

Povodňové ohrožení R_i se pro *i*-tý povodňový scénář odpovídající kulminačnímu průtoku s dobou opakování N_i let s pravděpodobností překročení p_i je možné stanovit dvěma způsoby: a) klasifikací pomocí matice rizika; b) pomocí výpočtového algoritmu (obr. 6).



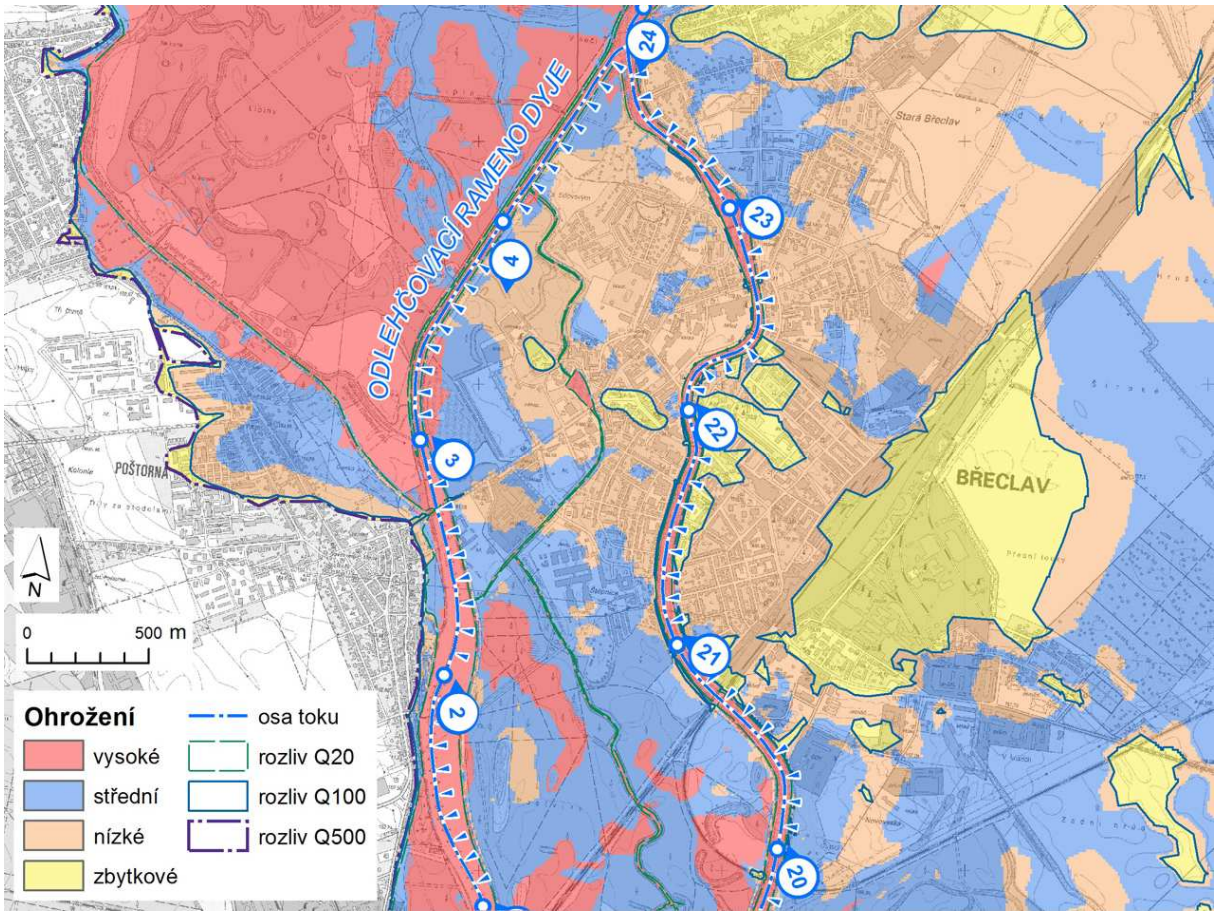
Obr. 6 Stanovení povodňového ohrožení R_i

V dalším kroku se provádí vyhodnocení maximální hodnoty ohrožení *R* pro jednotlivé dílčí ohrožení R_i odpovídající i-tým scénářům nebezpečí (průchodu N-letého kulminačního průtoku) dle vztahu

$$R_{(x,y)} = \max_{i=1}^{n} R_i \,, \qquad (6)$$

kde *n* značí počet hodnocených scénářů povodňového nebezpečí.

Výsledkem je jedna rastrová vrstva obsahující maximální hodnoty ohrožení *R* ve studovaném území. Maximální hodnoty ohrožení se zobrazují pomocí barevné škály do mapy ohrožení (obr. 7) a záplavové území je tak rozčleněno z hlediska povodňového ohrožení.



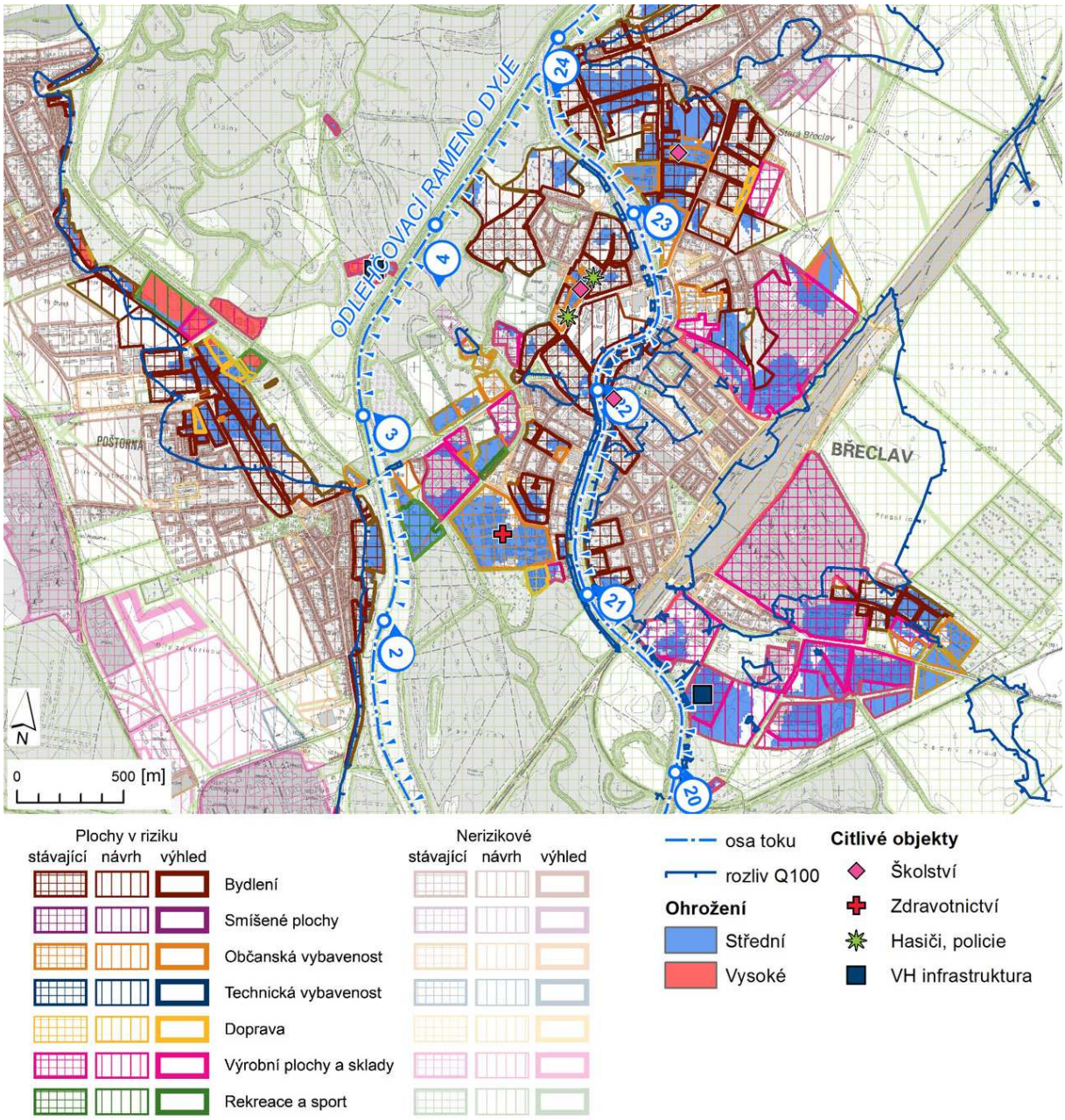
Obr. 7 Příklad mapy ohrožení s vyznačením hranic rozlivů (Břeclav)

Uvedené členění umožňuje posouzení vhodnosti stávajícího nebo budoucího funkčního využití ploch a doporučení na omezení případných aktivit na plochách v záplavovém území s vyšší mírou ohrožení. Finální povodňové riziko se stanovuje průnikem informací o povodňovém ohrožení a zranitelnosti území. Jak uvádí tab. 2 jsou v metodice pro jednotlivé kategorie zranitelnosti území (způsobu užívání) stanoveny míry přijatelného rizika.

Tab. 2 Míry přijatelného rizika

Přijatelné riziko	Kategorie zranitelnosti území
Vysoké (červená)	Lesy, zemědělská půda, zeleň
Střední (modrá)	Sport a hromadná rekreace
Nízké (oranžová)	Bydlení, Smíšené plochy, Občanská vybavenost, Technická a dopravní infrastruktura, Výrobní plochy a sklady

Výsledné mapy povodňového rizika zobrazují plochy jednotlivých kategorií využití území, u kterých je překročena míra tohoto přijatelného rizika. Uvnitř každé takové plochy jsou vyznačeny dosažené hodnoty ohrožení v barevné škále odpovídající tab. 2. Takto identifikovaná území představují exponované plochy při povodňovém nebezpečí odpovídající jejich vysoké zranitelnosti. U těchto ploch je nutné další podrobnější posouzení jejich „rizikovosti“ z hlediska zvládání rizika, což představuje snížení rizika na přijatelnou míru.



Obr. 8 Příklad mapy rizik (Břeclav)

6. Další podklady pro tvorbu plánů pro zvládání povodňových rizik

Z hlediska přípravy podkladů pro sestavení vlastních plánů jak zvládat povodňová rizika byla pozornost věnována upřesnění dosažitelných cílů. Pracovní nastavení cílů zvládání povodňových rizik v obecné úrovni bylo doporučeno konstruovat pomocí postupů, které byly použity pro fázi tzv. předběžného vyhodnocení povodňových rizik. V roce 2012 byly ve VÚV TGM provedeny aktualizace výpočtů hlavních hledisek, tj. stanovení parametrů: počtu trvale bydlících osob dotčených projevy povodňového nebezpečí v průměru za rok a hodnoty majetku dotčeného projevy povodňového nebezpečí v průměru za rok a to jak pro území celé ČR, tak ve vazbě na tzv. oblasti s významným povodňovým rizikem.

Primárně byl sledován parametr, který by měl charakter směrné hodnoty poměrného vyjádření snížení povodňových rizik v oblastech s významným povodňovým rizikem v ČR.

Vstupní údaje byly typově shodné s daty, která byla využita v roce 2009. Nicméně v rámci republikového přehledu přibylo zejména lokalit s vymezeným záplavovým územím, resp. bylo možno někde doplnit i další scénáře nebezpečí a současně byly využity aktualizace dalších databází. Tím tedy bylo možné podrobit šetření větší území ČR.

Z dílčích výsledků např. vyplynulo, že v případě rozlivu Q_{100} počet dotčených obcí tímto, z pohledu Směrnice 2007/60/ES středním, scénářem nebezpečí se zvýšil na 3 195 (v rámci výpočtů provedených v roce 2009, byl počet dotčených obcí pro stejný scénář 3 006, viz kap. 4.3), což představuje 51 % všech obcí v ČR. Nárůst počtu obcí v datové sadě 2012 o 189 představuje zvýšení oproti stavu 2009 o 3 % všech obcí. Podíl trvale bydlících osob v těchto 3 195 obcích (dotčených rozlivem Q_{100}) činí 4,05 % všech obyvatel České republiky.

Tab. 3 Porovnání výsledků stanovení počtu trvale bydlících osob dotčených povodňovými rozlivy v ČR (první výpočet proveden v roce 2009, druhý v roce 2012)

	2009	2012
Poměrná vyjádření	[%]	[%]
Obce dotčené rozlivem / Obce v ČR	48,1	51,1
Obce s obyvateli dotčenými rozlivem Q_{100} / Obce v ČR	29,1	31,1
Obce s obyvateli dotčenými rozlivem Q_{100} / Obce dotčené rozlivem	60,5	60,9
Obyvatelé dotčení rozlivem Q_{100} / Obyvatelé v ČR	3,9	3,9
Obyvatelé dotčení rozlivem Q_{100} / Obyvatelé bydlící v obcích dotčených Q_{100}	4,64	4,59
Obyvatelé dotčení rozlivem Q_{100} / Celkový počet obyvatel trvale bydlících v obcích, v nichž je část z nich dotčena rozlivy Q_{100}	5,24	5,14

Počet obcí, pro které existuje informace o teoretickém průniku zastavěných ploch s bytovými domy s povodňovým rozlivem Q_{100}, se v sadě 2012 zvýšil o 126 obcí, což představuje nárůst o téměř 7 %.
I když se počet všech obyvatel obcí, jejichž katastrální území jsou dotčena povodňovým rozlivem Q_{100}, zvýšil o 2,4 % a počet všech obyvatel obcí, kde je část bytové zástavby dotčena povodněmi, se zvýšil o 3,3 %, počet trvale bydlících osob přímo dotčených povodněmi se vzrostl pouze o 1,4 %. Je diskutabilní, zda tento údaj může indikovat vliv opatření na zvýšení ochrany před negativními dopady povodní v letech 2009 až 2012.
Z tab. 3 vyplývá, že ačkoliv se pohled na povodňovou problematiku zařazením dalších území – obcí rozšířil a první tři ukazatele se zvýšily či čtvrtý stagnuje, došlo k poklesu, byť mírnému u klíčového parametru (v pořadí pátý), tj. podílu obyvatel dotčených rozlivem s dobou opakování 100 let v obcích v zóně Q_{100} o 0,05 %. Pokud se zaměříme pouze na obce, kde mohou být zasaženy rozlivem Q_{100} bytové domy, pak podíl obyvatel dotčených rozlivem tohoto scénáře nebezpečí se snížil o 0,1 %.
Výsledky šetření počtů trvale bydlících osob popř. bytů, zastavěných ploch atd. dotčených povodní v ohrožených oblastech ukázaly v případě výpočtu 2009, že ohrožení povodňovým nebezpečím z rozlivů vodních toků se týkalo 4,64 % obyvatel ČR a 7,36 % hodnoty nemovitého i movitého majetku (tab. 2), který se nachází v záplavových územích. Obdobný pohled na výsledky zjištěné výpočty v roce 2012 ukazují, že ohrožení povodňovým nebezpečím z rozlivů vodních toků se týkají 4,59 % obyvatel ČR a 7,21 % hodnoty nemovitého i movitého majetku, který se nachází v záplavových územích.

6.1 Výsledky analýz pro oblasti s významným povodňovým rizikem (OsVPR)

Velmi očekávanými byly údaje, které by pomohly více charakterizovat vymezené oblasti s významným povodňovým rizikem. Dosud byly tyto oblasti identifikovány úseky tzv. významných vodních toků v souhrnné délce 2 965 km. Výpočty pro stanovení rozlivů extrémního scénáře nebezpečí (Q_{500}) nebyly v době výpočtu k dispozici pro všechny OsVPR, proto bylo nutné řešení problému zúžit na potenciální důsledky jevů s dobou opakováni do 100 let. Částečnou výhodou toho vynuceného stavu, možnost porovnání výsledků výpočtů z roku 2009 a 2012.
Z dílčích výsledků je zřejmé, že v oblastech s významným povodňovým rizikem vymezenými nad soubory dat v roce 2012 se nachází celkem 1 032 obcí, což představuje více než 32 % všech obcí, jejichž katastrální území (KÚ) jsou dotčena rozlivem Q_{100}. V těchto obcích zařazených do OsVPR trvale bydlí 6 195 676 osob, tj. 70,7 % obyvatel obcí dotčených rozlivem s dobou opakování 100 let. Současně se jedná o 60,6 % obyvatel celé ČR.

Počet obyvatel přímo dotčených rozlivem Q_{100} v oblastech s významným povodňovým rizikem představuje podíl 76,5 % všech obyvatel dotčených v 3 195 obcích. Podíl obcí, kde byli identifikováni obyvatelé dotčení rozlivy Q_{100} je v OsPVR vyšší o více než 4 % oproti celé ČR (65,0 % - 671 obcí, resp. 60,9 % - 1 945 obcí, viz tab. 4). Podíl obyvatel v této kategorii obcí v oblastech s významným povodňovým rizikem přesahuje 70 % celé ČR.
Povodňová nebezpečí z rozlivů vodních toků s dobou opakování 100 let se dotýkají 4,97 % obyvatel ČR (tab. 4), kteří se nacházejí v záplavových územích. Zvýšení oproti údaji za ČR ukazuje, že vymezené OsVPR vystihují podstatu problému požadavků povodňové ochrany.

Tab. 4 Porovnání výsledků počtu trvale bydlících osob dotčených povodňovými rozlivy v ČR a v oblastech s významným povodňovým rizikem (OsVPR) - výpočet proveden v roce 2012

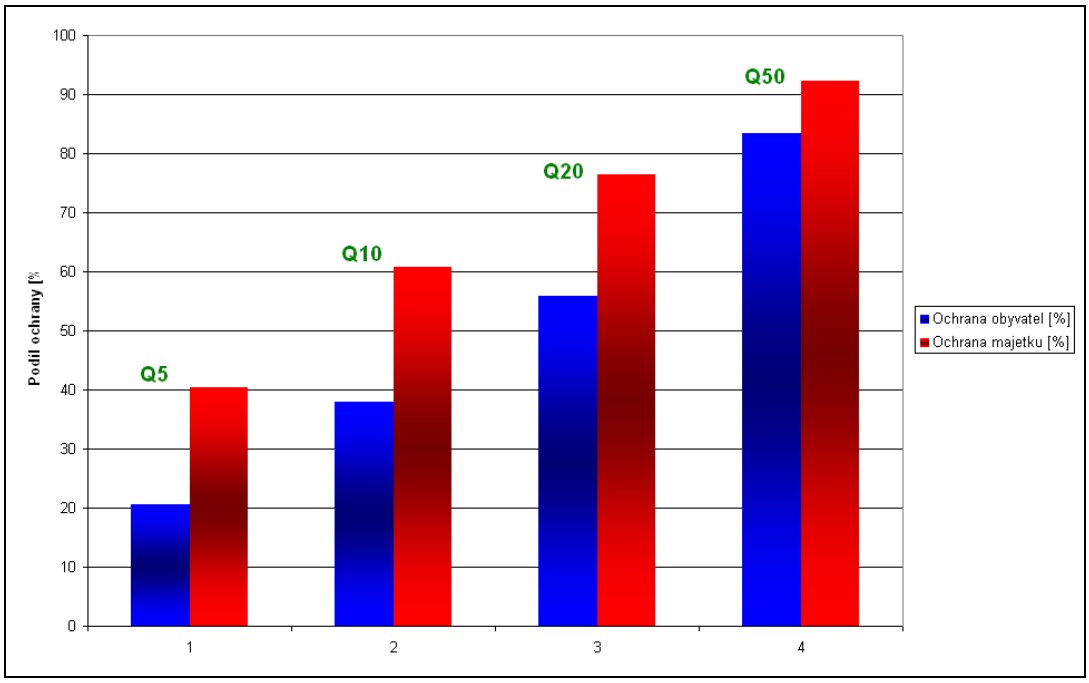
Poměrná vyjádření	ČR [%]	OsVPR [%]
Obce dotčené rozlivem / Obce v ČR	51,1	16,5
Obce s obyvateli dotčenými rozlivem Q_{100} / Obce v ČR	31,1	10,7
Obce s obyvateli dotčenými rozlivem Q_{100} / Obce dotčené rozlivem	60,9	65,0
Obyvatelé dotčení rozlivem Q_{100} / Obyvatelé v ČR	3,9	3,0
Obyvatelé dotčení rozlivem Q_{100} / Obyvatelé bydlící v obcích dotčených Q_{100}	4,59	4,97
Obyvatelé dotčení rozlivem Q_{100} / Celkový počet obyvatel trvale bydlících v obcích, v nichž je část z nich dotčena rozlivy Q_{100}	5,14	5,61

6.2 Predikce vlivu uplatnění ochrany před dopady povodní v OsVPR

Nad daty dostupnými v roce 2012, která charakterizují vymezení povodňových rozlivů scénářů pro úseky toků v oblastech s významným povodňovým rizikem, byly provedeny další analýzy, jejichž cílem byly odhady vlivu uplatněné míry ochrany. Pozornost byla zaměřena pouze na rozsah jevů určenými scénáři (Q_{100}, Q_{20} a Q_5), příp. Q_{50}, Q_{10} zejména z důvodu porovnatelnosti výsledků s předchozí etapou. Odhady uplatněné míry ochrany byly provedeny pro úrovně návrhových průtoků Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50} pro všechny lokality zahrnuté do oblastí s významným povodňovým rizikem. Výpočty byly stanoveny všechny veličiny nezbytné pro určení hlavních hledisek předběžného vyhodnocení povodňových rizik, tj.

- počet obyvatel dotčených povodňovými rozlivy v průměru za rok;
- hodnoty fixních aktiv zastavěných ploch dotčených povodňovými rozlivy v průměru za rok;
- hodnoty fixních aktiv silniční dopravní infrastruktury dotčených povodňovými rozlivy v průměru za rok.

Konstrukcí průběhů změn jednotlivých veličin byl sledován hlavní cíl, a to stanovení poměrného vyjádření efektů uplatněné ochrany před negativními dopady povodní v oblastech s významným povodňovým rizikem. Názorné poměrné vyjádření teoretických přínosů ochrany přináší sloupcový graf na obr. 9.
Pokud budeme nahlížet na obě kategorie – obyvatelé i majetek – souhrnně, pak z grafu vyplývá, že při uplatnění ochrany na Q_5 se může dosáhnout snížení dopadů cca o jednu až dvě pětiny.
Nicméně bylo důležité prověřit dosažené výsledky i z hlediska nejistot, které jsou zejména způsobeny nehomogenitou vstupních dat. Vzhledem ke skutečnosti, že parametr hlavního hlediska – počet trvale bydlících osob dotčených projevy povodňového nebezpečí (povodňovými rozlivy) v průměru za rok je vytvářen nad daty, která vykazují vyšší míru podrobnosti v prostorovém vyjádření než rozložení specifických hodnot fixních aktiv, je vhodné souhrnný závěr vyvozovat právě nad kategorií - ochrana obyvatel.



Obr. 9 Podíly efektů zajištění míry ochrany Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50} obyvatel a majetku v oblastech s významným povodňovým rizikem (zohlednění nejistot)

7. Závěry

Splnění úkolů uložených Směrnice 2007/60/ES znamenalo iniciaci procesu zavádění principů Směrnice do právního prostředí a institucionálního rámce České republiky. Proces byl připravován již v průběhu roku 2007 v gesci MŽP ČR. Důležitým předpokladem pro plnění úkolů implementace byla včasná příprava metodických postupů. Návrhem objektivního postupu a vymezením oblastí s významným povodňovým rizikem pro podmínky České republiky, bylo definováno zadání pro následné práce na tvorbě podkladů pro výsledné vyjádření povodňových rizik. Bude se jednat o velice důležité informace zejména ve fázi rozhodování o případných protipovodňových opatřeních. Klíčovou úlohou bude posouzení efektivnosti opatření z hlediska snížení rizika povodní a tímto způsobem bude dosaženo optimalizace využívání veřejných prostředků na zajišťování celostátně nebo regionálně srovnatelné standardní úrovně povodňové ochrany.

Výsledky aktualizovaného šetření počtů trvale bydlících osob, popř. bytů, zastavěných ploch atd. dotčených povodní v ohrožených oblastech ukazují, že ohrožení povodňovým nebezpečím z rozlivů vodních toků se týká (pro střední scénář nebezpečí) méně než 5 % obyvatel ČR a cca 7 % hodnoty nemovitého i movitého majetku, který se nachází v záplavových územích. Uvedené souhrnné údaje jsou užitečné zejména v diskusi, která je vedena nad tématem stanovení standardu ochrany před negativními účinky povodní jako segmentu veřejných služeb v ČR. Údaje zjištěné pomocí analýz na dostupných datech na národní úrovni mohou přispět k doplnění argumentů, jak lépe a spravedlivě nastavit motivační prostředí v problematice povodňové prevence v ČR a pro její financování.

V problematice vymezení či formulace cílů zvládání povodňových rizik v ČR byly provedeny analýzy nad daty, která charakterizují oblasti s významným povodňovým rizikem. Z výsledků je zřejmé, že v oblastech s významným povodňovým rizikem se nachází celkem 1 032 obcí, což představuje více než 32 % všech obcí, jejichž KÚ jsou dotčena rozlivem Q_{100}. V těchto obcích zařazených do OsVPR trvale bydlí 6 195 676 osob, tj. 70,7 % obyvatel obcí dotčených rozlivem s dobou opakování 100 let. Současně se jedná o 60,6 % obyvatel celé ČR.

Podle aktuálně zpracovaných údajů se povodňová nebezpečí z rozlivů vodních toků s dobou opakování 100 let dotýkají 4,97 % obyvatel ČR, jejichž bytové jednotky se nacházejí v záplavových územích. Zvýšení oproti údaji za ČR ukazuje, že OsVPR vystihují podstatu problému požadavků povodňové ochrany. Celkový počet obyvatel v obcích v OsVPR dotčených rozlivy v průměru za rok je 20 997 osob. Teoretická ztráta majetku (hodnota fixních aktiv) má hodnotu 70 769 mil. Kč/rok.

Vytvoření podmnožiny parametrů hlavních hledisek předběžného vyhodnocení povodňových rizik bylo provedeno i nad daty předchozí generace výpočtu (v roce 2009). Výsledkem je konstatování, že

v oblastech s významným povodňovým rizikem se nacházelo celkem 891 obcí. V případech 15 obcí nedošlo k průniku KÚ teoretickými rozlivy. Ve zbývající většině 876 obcí trvale bydlelo 6 043 005 osob. Celkový počet obyvatel v těchto obcích dotčených rozlivy v průměru za rok je 24 699 osob. Teoretická ztráta majetku (hledisko 2) má hodnotu 75 205 mil. Kč/rok.
Z porovnání obou pohledů uvedených v předchozích odstavcích vyplývá, že v období 2009 až 2012 došlo v ČR k pozitivním změnám v protipovodňové prevenci.
Na základě interpretace výsledků poměrného vyjádření efektů uplatnění ochrany v OsVPR lze konstatovat, že **při uplatnění ochrany do úrovně Q_{50} je možné dosáhnout efektů snížení rizik o 80 - 85 %.** Ve vazbě na vyjádření rizik v příslušných mapách na základě semi-kvantitativního postupu hodnocení lze efekt snížení rizik chápat také jako převedení rizikových ploch na plochy s přijatelnou mírou rizika (vzhledem na způsob užívání).

Literatura:

DRBAL, K. a kol. (2005): Návrh metodiky stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území a jeho ověření v povodí Labe. Zpráva řešení za rok 2005. Číslo projektu VaV/650/5/02, VÚV TGM, Brno, 144 s., 43 s. příl.
DRBAL, K. a kol. (2006): Návrh metodiky stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území. Urbanismus a územní rozvoj 5/2006. s 43-49.
DRBAL, K. a kol. (2006): Návrh nástroje hodnocení účinnosti realizovaných preventivních opatření ochrany před účinky povodní. Zpráva úkolu 3385 za rok 2006. VÚV TGM, Brno.
DRBAL, K. a kol. (2008): Metodika stanovování povodňových rizik a potenciálních škod v záplavovém území. VÚV TGM., Brno, 60 s.
DRBAL, K., (2009): Proces implementace povodňové směrnice EU a problematika předběžného vyhodnocení povodňových rizik v ČR, příspěvek na konferenci Vodní toky 2009, Hradec Králové, 24. – 25.11.2009., ISBN 978-80-87154-70-0, Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 2009.
DRBAL, K. a kol (2010): Návrh metodiky předběžného vyhodnocení povodňových rizik v České republice. MŽP Praha, 7 s.
DRBAL, K. aj. (2011): Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. VÚV TGM, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 84 s.
DRBAL, K., ŠTĚPÁNKOVÁ, P. (2008): Problems Solved in Context of Flood Directive Implementation in the Czech Republic. In Brilly, M., Šraj, M. XXIVth Conference of the Danubian Countries. Bled, Slovinsko, 2.6.2008. Ljubljana : Slovenian National Committee for the IHP UNESCO, 2008, s. 52—57. ISBN 978-961-91090-2-1.
ŘÍHA, J. a kol., (2005): Riziková analýza záplavových území. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT Brno, Sešit 7, CERM, 286 s., ISBN 80–7204-404–4.
ŘÍHA, J. aj. (2006): Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR – Riziková analýza (Svratka, Svitava). VUT Brno, FAST, Ústav vodních staveb, 38 s.
TICHÝ, M. (1994): Rizikové inženýrství. 1–Riziko a jeho odhad. Stavební obzor 9/94, s. 261–262

IDENTIFIKÁCIA LOKALÍT OHROZENÝCH POVODŇAMI V MESTE ZVOLEN
IDENTIFICATION OF LOCALITIES ENDANGERED BY FLOODS IN TOWN ZVOLEN

Jakubis, M., Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, Zvolen, jakubis@tuzvo.sk

Abstrakt: V spolupráci s Mestským úradom vo Zvolene sa od roku 2003 na Lesníckej fakulte Technickej univerzity vo Zvolene zaoberáme hodnotením stavu protipovodňovej ochrany v meste Zvolen. Cieľom je identifikovať kritické – povodňami najviac ohrozené úseky, resp. inžinierske a ostatné objekty (mosty, priepusty, lávky atď.) na vodných tokoch v intraviláne mesta a v okolí, t. j. úseky a objekty, ktoré majú najmenšiu prietokovú kapacitu vo vzťahu k vybraným návrhovým prietokom. Vo Zvolene a jeho najbližšom okolí sa nachádza hustá hydrografická sieť s 12 vodnými tokmi rôznych kategórií. Do kategórie riek patria Hron, Slatina, Neresnica a Zolná, do kategórie potokov Zlatý potok, Kováčovský potok a Boroviansky jarok, do kategórie bystrín Sekier, Pomiaslo, Bieň, Koreň a Teplý potok. V príspevku sa zaoberáme identifikáciou povodňami najviac ohrozených lokalít v intraviláne mesta na príklade bystriny Pomiaslo. Na tejto bystrine sa v minulosti vyskytlo viac ničivých prívalových povodní, ktoré postihli intravilán mesta a spôsobili veľké škody. Na základe výpočtov sme vytvorili poradie naliehavosti protipovodňových opatrení podľa recentnej prietokovej kapacity referenčných profilov a inžinierskych objektov. Výsledky môžu slúžiť ako podklad pre hodnotenie a manažment povodňových rizík, plány manažmentu povodí a povodňové plány.

Kľúčové slová: prívalové povodne, protipovodňová ochrana, mesto Zvolen, bystrina Pomiaslo

Abstract: In the cooperation with the municipality of town Zvolen we are dealing from year 2003 on the Faculty of Forestry of Technical University in Zvolen with evaluation of the state of flood control in the town Zvolen. The aim is the identification of critical – by floods most endangered sites, engineering and other objects (bridges, pipes, small benchs etc.) in the town residential area and their vicinity, that is parts of water flow and objects which have the least discharge capacity with respect to selected design discharges. In the town Zvolen and in the nearest vicinity is located dense hydrographical network with 12 water flows of various categories. To the category of rivers belong Hron, Slatina, Neresnica and Zolná, to the category of brooks belong Zlatý potok, Kováčovský potok a Boroviansky jarok, to the category of torrents belong Pomiaslo, Sekier, Bieň, Koreň a Teplý potok. In the paper we deal with identification by floods most endangered sites in the residential area of the town in the example of torrent Pomiaslo. In this torrent occurred in the past more destructive flash floods which affected the town residential area and in vicinity and caused great damages. According to the calculations, we created the rankings of urgency of flood control measures by recent discharge capacity of reference flow profiles and engineering objects. The results can be used as a basis for evaluation and management of flood risk, planes of watershed management and flood planes.

Key words: flash floods, flood control, town Zvolen, torrent Pomiaslo

Úvod a problematika

Katastrálne územie Zvolen, ktorého rozloha je 9870 ha, sa nachádza na strednom Pohroní v oblasti Slovenské stredohorie v geomorfologických celkoch Zvolenská kotlina a Javorie. Administratívno-správnym centrom k. ú. je okresné mesto Zvolen (45 000 obyvateľov), ktoré sa nachádza v nadmorských výškach 292 – 315 m n. m. (mesto), resp. 277 – 571 m n. m. (najbližšie okolie). Vo Zvolene a v jeho najbližšom okolí sa nachádza relatívne hustá hydrografická sieť s 12 vodnými tokmi

rôznych kategórií. Do kategórie riek patria Hron, Slatina, Neresnica a Zolná, do kategórie potokov Zlatý potok, Kováčovský potok a Boroviansky jarok, do kategórie bystrín Sekier, Pomiaslo, Bieň, Koreň a Teplý potok. Ide o hlavné povodie rieky Hron (SVP-IX) a jeho čiastkové povodia 4-23-02, 4-23-03 a 4-23-04. Povodie rieky Hron v uzavierajúcom prietokovom profile nad sútokom s riekou Slatina (západný okraj mesta) má rozlohu S_p=1999,10 km^2, pod sútokom s riekou Slatina S_p= 2791,68 km^2. Dva najväčšie vodné toky v tejto oblasti – rieky Hron a Slatina - sú z hľadiska ochrany pred povodňami v meste Zvolen a jeho blízkom okolí zabezpečené relatívne dobre. Rieka Hron má v intraviláne mesta prietokový profil upravený na prietok podstatne vyšší ako Q_{100} (sídlisko Zvolen – Západ). Rieka Slatina má v intraviláne Zvolena prietokový profil tiež upravený. Prietoky v rieke Slatina sú pozitívne ovplyvňované Vodnou nádržou Môťová, ktorá bola postavená v rokoch 1953 – 1958. Hlavnou úlohou uvedeného vodného diela pôvodne bolo zabezpečiť dostatok vody pre priemysel, výrobu elektrickej energie a rekreáciu. V súčasnosti je jednou z jeho najdôležitejších úloh aj protipovodňová ochrana mesta. Plocha celého povodia Vodnej nádrže Môťová po hrádzu predstavuje 411,02 km^2.

Počas rekognoskácie jednotlivých vodných tokov vo Zvolene a jeho okolí boli v súvislosti so zabezpečením protipovodňovej ochrany mesta zistené niektoré nedostatky. Na niektorých väčších vodných tokoch (riekach) sme zaznamenali okrem nevyhovujúcej kapacity prietokových profilov (napr. rieka Neresnica v južnej časti mesta) najmä vytváranie nánosov na dne korýt. Na týchto nánosoch sa postupne uchytáva vegetácia, ktorá sa rozrastá, čím sa zvyšuje drsnosť prietokového profilu a znižuje jeho prietoková kapacita. Ďalším problémom je zanedbávanie údržby brehových porastov hlavne nad intravilánom mesta, čo môže mať počas povodňových prietokov veľmi negatívne dôsledky (JAKUBISOVÁ 2009a, 2009b, 2012, 2013). V niektorých prípadoch sme zaznamenali lokálne poškodenia pozdĺžnych spevnení, najmä kamenných dlažieb. Podstatne viac nedostatkov sme zaznamenali v korytách menších vodných tokov (potokov a bystrín). Z týchto nedostatkov je potrebné spomenúť najmä kapacitou nevyhovujúce prietokové profily a objekty (mosty, lávky, priepusty), erózne procesy na svahoch prirodzených (neupravených) korýt s následným transportom splavenín, zanedbanú starostlivosť o brehové porasty s poškodenými a odumretými drevinami, ponechané zostatky dreva po ťažbe v bezprostrednej blízkosti korýt tokov, sypanie rôznych odpadov aj väčších rozmerov priamo do korýt tokov, skladovanie dreva v bezprostrednej blízkosti tokov, výstavba hospodárskych budov (objektov) pri brehoch tokov, nánosy splavenín a iného materiálu (častí drevín) pri vtokových častiach niektorých mostov a priepustov atď.

V zmysle Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík, ods. 13, je vhodné na odstránenie a zníženie nepriaznivých vplyvov povodní ustanoviť plány manažmentu povodňových rizík. Vzhľadom na skutočnosť, že príčiny a dôsledky povodní sú v jednotlivých krajinách a regiónoch rozdielne, majú plány manažmentu povodňových rizík zohľadňovať špecifické charakteristiky oblastí, na ktoré sa vzťahujú a zároveň majú byť prispôsobené potrebám a prioritám týchto oblastí a súčasne zabezpečiť primeranú koordináciu v rámci správnych území povodí. Podľa zákona č. 7/2010 z 2. decembra 2009 o ochrane pred povodňami § 3, ods. 1 ochrana pred povodňami sú činnosti, ktoré sú zamerané na zníženie povodňového rizika na povodňami ohrozovanom území, na predchádzanie záplavám spôsobovaných povodňami a na zmierňovanie nepriaznivých následkov povodní na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a na hospodársku činnosť. Podľa ods. 2 ochranu pred povodňami vykonávajú okrem iných zložiek aj orgány územnej samosprávy a vlastníci, správcovia a užívatelia pozemkov, stavieb, objektov alebo zariadení, ktoré sú umiestnené na vodnom toku alebo v inundačnom území. V ods. 3 sa uvádza, že každý je povinný vykonať opatrenia na neškodný odtok vody na pozemkoch, stavbách, objektoch a zariadeniach, ktoré má vo vlastníctve, v správe alebo v užívaní. Aj z uvedených dôvodov sme v súvislosti s riešením úloh protipovodňovej ochrany oslovili predstaviteľov samosprávy mesta Zvolen. Stretli sme sa s pozitívnym prístupom a aktívnym záujmom o problematiku.

Charakteristiky povodia a bystriny Pomiaslo

Ako príklad podrobného hodnotenia stavu protipovodňovej ochrany v intraviláne mesta Zvolen sme vybrali bystrinu Pomiaslo (koeficient bystrinnosti povodia K_b= 0,234). Bystrina je ľavostranným prítokom rieky Slatina z geomorfologického celku Javorie, podcelku Lomnianska vrchovina. Pomiaslo sa vlieva do Slatiny v mestskej časti Môťová, v nadmorskej výške 287 m. V dolnom úseku preteká

bystrina hustou zástavbou. Podľa pamätníkov sa v minulosti na bystrine vyskytlo viac prívalových povodní, ktoré spôsobili škody v toku a jeho okolí, najmä v zastavanom území pred jeho vyústením do rieky Slatina v mestskej časti Môťová. Najznámejšia je veľká povodeň z roku 1960, pravdepodobne s výskytom 100 – ročného prietoku, ktorý v koryte a v okolitých zastavaných územiach spôsobil veľké materiálne škody na majetku štátu, mesta aj občanov. Koryto bolo na viacerých úsekoch zdevastované. V súčasnosti je v intraviláne Zvolena na bystrine pomiestne vybudovaná úprava vo forme kamennej kynety, na ktorej sa vyskytuje 10 mostov a 4 priepusty, z ktorých sú dva rámové, jeden betónový klenbový a jeden rúrový - dvojitý z betónových rúr. Úprava bystriny je v intraviláne mesta charakteristická častými zmenami tvarov a teda aj kapacity prietokového profilu. Hustá obytná zástavba, priemyselné objekty, existujúca cestná sieť a iné inžinierske diela v bezprostrednom okolí bystriny sa prejavili v návrhoch prietokových profilov, ich spevnení, ako aj návrhoch mostových objektov a priepustov. Pre lepšiu informáciu uvádzame základné charakteristiky bystriny a jej povodia. Plocha povodia bystriny Pomiaslo S_p= 9,27 km^2, zalesnená plocha povodia S_{les}= 5,87 km^2, lesnatosť $l_{\%}$ = 63,3 %. Z nezalesnenej plochy povodia S_n= 3,40 km^2 tvorí zastavané územie vrátane spevnených ciest S_z= 0,63 km^2, trvalé trávne porasty S_{TTP} = 2,77 km^2. Dĺžka hlavného toku L_t= 9,63 km, dĺžka údolnice 10,58 km, maximálna nadmorská výška v povodí H_{maxp}= 902 m n. m., absolútny spád povodia ΔH_p= 615 m, nadmorská výška prameňa H_{maxt}= 670 m n. m., nadmorská výška uzavierajúceho prietokového profilu H_{mint}= 287 m n. m., absolútny spád toku ΔH_t= 377 m, priemerná nadmorská výška povodia ϕH_p= 582 m n. m., priemerný sklon hlavného toku ϕI_t= 4,13 %, priemerný sklon údolnice ϕI_u= 4,98 %, priemerný sklon svahov povodia ϕI_p= 24,15 %, stredná šírka povodia ϕB_p= 0,877 km, pomer šírky ku dĺžke povodia 1:12,6, maximálny špecifický odtok q_{max}= 2,46 m^3.s^{-1}. km^{-2}. N - ročné prietoky boli vypočítané pre uzavierajúci prietokový profil povodia (na hranici intravilánu mesta) a sú uvedené v tab. 1. Prehľadná situácia povodia je na obr. l.

Tab. 1 N – ročné prietoky v uzavierajúcom prietokovom profile bystriny Pomiaslo

N – ročné prietoky (m^3.s^{-1})						
Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
4,56	6,85	10,04	12,78	15,52	19,63	22,82

Metodika

Vzhľadom na predpokladaný zámer, celkový charakter štúdie o riešení preventívnej protipovodňovej ochrany mesta a enormný rozsah súvisiacich prác sme sa snažili k tejto úlohe pristupovať čo najjednoduchšie. K štúdii sme z viacerých dôvodov nechceli pristupovať len ako k vedeckému riešeniu výskumnej úlohy, ale ako k relatívne jednoduchému praktickému postupu, ktorý by poskytol pre samosprávu konkrétne výsledky, t. j. upozornil najmä na lokality, ktoré môžu byť počas povodňových prietokov najviac ohrozené.

Na výpočet maximálnych prietokov Q_{max}, resp. Q_{100} a N – ročných prietokov sme použili viac metód. Východiskovou metódou bol postup výpočtu v zmysle OTN ŽP 3112-1:03 Hydrologické údaje povrchových a podzemných vôd – Hydrologické údaje povrchových vôd – Kvantifikácia povodňového režimu – Časť 1: Stanovenie N – ročných prietokov a N – ročných prietokových vĺn na väčších tokoch. V rámci kontroly bola použitá aj metóda SCS-CN (MAIDMENT 1993), modely HEC-HMS (SCHAFFENBERG, FLEMING 2010) a HEC-RAS (BRUNNER 2010). Prioritou bolo určenie najviac ohrozených úsekov bystriny a jej okolia, resp. posúdenie recentnej prietokovej kapacity charakteristických úsekov toku a objektov (mostov a priepustov) vo vzťahu k N - ročným prietokom. V teréne sme geodeticky zamerali referenčné prietokové profily, ktoré boli založené pri každej viditeľnej zmene tvaru (geometrických charakteristík) alebo hydraulických charakteristík (najmä stupňa drsnosti v súvislosti s existujúcim pozdĺžnym spevnením) prietokového profilu a súčasne na prietokových profiloch na každom moste a priepuste. Spolu bolo založených 12 referenčných úsekov na prietokových profiloch (úsekoch), 10 na mostoch a 4 na priepustoch. Pozdĺžny sklon nivelety dna bystriny Pomiaslo pre jednotlivé úseky, mostové objekty a priepusty v intraviláne Zvolena, ktorý bol geodeticky zmeraný v teréne, je relatívne vyrovnaný a pohybuje sa v rozpätí od 1,82 do 2,75 %. Vo výpočtoch kapacity prietokových profilov mostov sme uvažovali s rezervou 0,5 m pod dolnou hranou pevnej mostovej konštrukcie (RAPLÍK et al. 1989), pri rámových priepustoch bola použitá rezerva 0,2 h (h – výška prietokového profilu rámového priepustu) a rúrovom priepuste 0,25 d (KOMPAN

1982), kde d je vnútorný priemer betónovej rúry. Ohrozené úseky boli vykreslené do mapy v mierke 1: 10 000 vo forme záplavových čiar pre vybrané N – ročné prietoky s použitím modelu HEC-RAS.

Výsledky

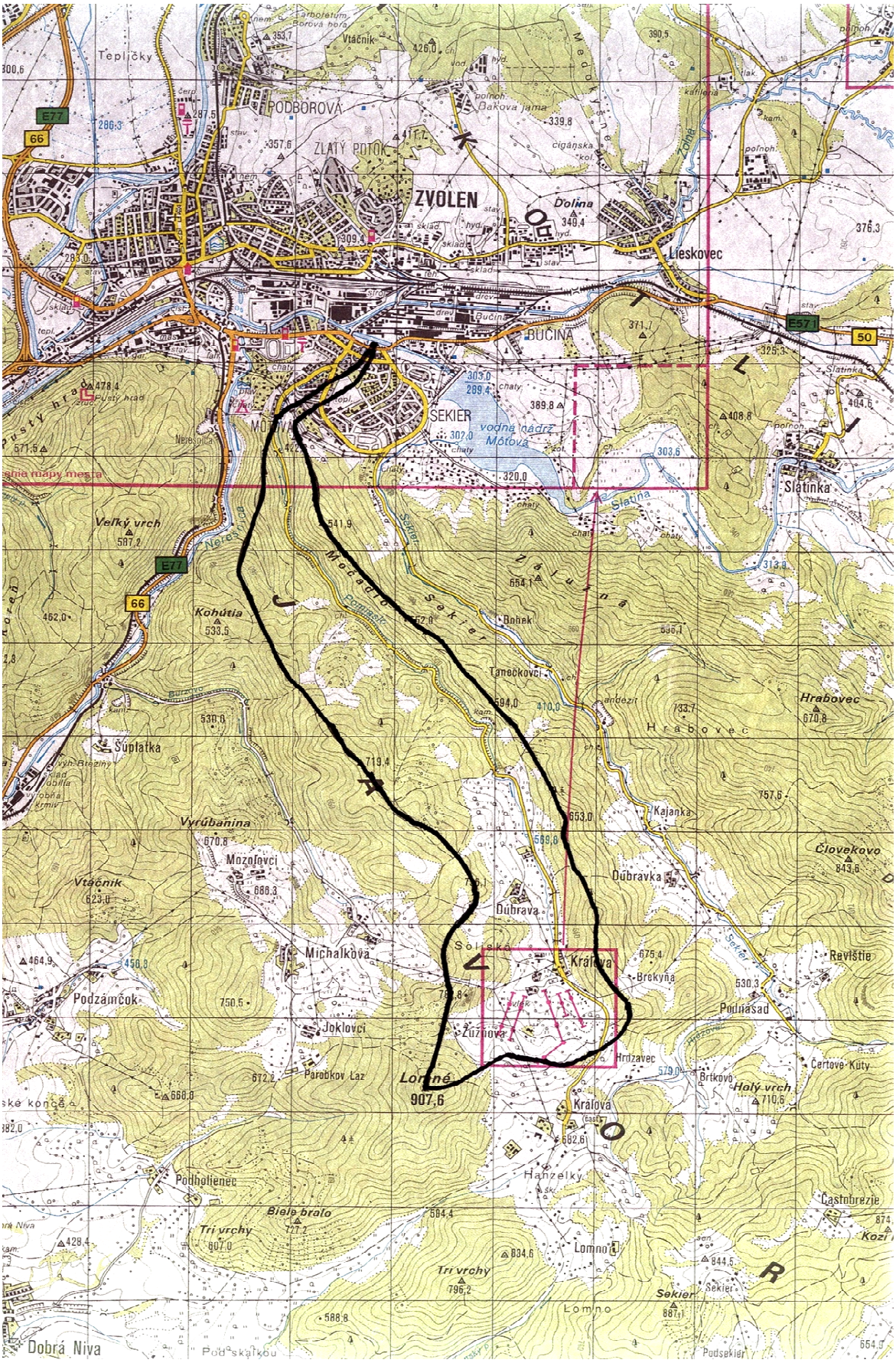
Výsledky hodnotenia sú obsiahnuté v tab. 1 až 3. Analýzou získaných údajov bolo zistené, že kapacity jednotlivých prietokových profilov na referenčných úsekoch, mostoch a priepustoch sú veľmi variabilné a vo vzťahu k vyšším prietokom v mnohých prípadoch nevyhovujúce. Z uvedených dôvodov boli na bystrine Pomiaslo v intraviláne mesta v minulosti postavené štyri prehrádzky, z ktorých 3 z dôvodu častého zanesenia neplnia vždy funkciu. Ak by prehrádzky neboli vybudované, bolo by povodňové riziko v bystrine Pomiaslo a jej okolí v intraviláne Zvolene extrémne. Tab. 1 – 3 obsahujú aj rozdiely medzi recentnou kapacitou prietokových profilov, mostov a priepustov a vypočítaným 100 – ročným prietokom Q_{100}.
Na referenčných profiloch (RP) majú najnižšiu prietokovú kapacitu RP6 a RP1 v km 0,325 resp. 0,120 od ústia. Prietokové kapacity sú pre Q_{KRP6}= 7,04 $m^3.s^{-1}$ a pre Q_{KRP1}= 7,12 $m^3.s^{-1}$, čo predstavuje bezpečné prevedenie prietoku približne len na úrovni Q_2. Naopak, na RP9, RP11 a RP12 sú existujúce prietokové profily značne predimenzované (pozri tab. 1) Ostatné podrobné údaje o kapacite jednotlivých RP vo vzťahu k N – ročným prietokom obsahuje uvedená tabuľka.

Tab.1 Charakteristiky a kapacita referenčných prietokových profilov (RP) vo vzťahu k N-ročným prietokom

RP č.	Stan. od ústia (km)	S_{pp} (m^2)	n (-)	R (m)	i (%)	v ($m.s^{-1}$)	Q_k ($m^3.s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{kN} (roky)	ΔQ_k ($m^3.s^{-1}$)	$Q_{k\%}$ (%)
RP1	0,120	4,60	0,0570	0,590	2,00	1,55	7,12		2	-15,70	68,8
RP2	0,160	4,40	0,0369	0,759	2,75	3,61	18,88		42	-3,94	17,3
RP3	0,210	3,50	0,0390	0,625	2,50	2,77	9,68		4	-13,14	57,6
RP4	0,215	4,80	0,0325	0,774	2,25	3,78	18,15		35	-4,70	20,6
RP5	0,280	3,25	0,0326	0,637	2,00	3,05	9,92		4	-12,90	56,5
RP6	0,325	2,50	0,0335	0,556	2,25	2,82	7,04	22,82	2	-15,78	69,1
RP7	0,380	3,80	0,0473	0,655	2,50	2,33	8,86		3	-13,96	61,2
RP8	0,560	3,00	0,0279	0,600	2,50	3,86	11,58		7	-11,24	49,3
RP9	0,620	10,80	0,0354	1,009	1,82	3,83	41,42		>100	+18,60	181,5
RP10	0,840	2,90	0,0372	0,547	2,43	2,58	7,48		2	-15,34	67,2
RP11	0,990	9,90	0,0486	1,065	2,75	3,59	35,57		>100	+12,75	155,9
RP12	1,375	10,60	0,0415	1,190	2,50	4,38	46,45		>100	+23,63	203,5

Vysvetlivky k tab. 1: RP - referenčný prietokový profil, S_{pp} – plocha prietokového profilu (m^2), n – stupeň drsnosti RP (-), R – hydraulický rádius (m), i – pozdĺžny sklon RP (%), v – priemerná profilová rýchlosť ($m.s^{-1}$), Q_k – kapacita prietokového profilu ($m^3.s^{-1}$), Q_{100} – 100 - ročný prietok ($m^3.s^{-1}$), Q_{kN} – priemerný interval opakovania prietoku, ktorý bezpečne pretečie prietokovým profilom (roky), ΔQ_k - absolútny rozdiel (+ -) kapacity prietokového profilu vo vzťahu k prietoku Q_{100} ($m^3.s^{-1}$), $Q_{k\%}$ – kapacita prietokového profilu vo vzťahu k prietoku Q_{100} (%).

Na mostových objektoch (M) je prietoková kapacita vo vzťahu k N – ročným prietokom tiež nevyhovujúca. Podrobné výsledky obsahuje tab. 2. Dva mosty (M1 v km 0,175 a M7 v km 0,330) majú prietokovú kapacitu dokonca nižšiu, ako je hodnota 1 – ročného prietoku. Najvyššiu prietokovú kapacitu sme zistili na moste M10. Táto prietoková kapacita je približne na úrovni 35 – ročného prietoku, t. j. Q_{35}.



Obr. 1 Povodie bystriny Pomiaslo

Tab.2 Charakteristiky a kapacita referenčných prietokových profilov mostov (M) vo vzťahu k N-ročným prietokom

Most č.	Stan. od ústia (km)	S_{pp} (m^2)	n	R (m)	i (%)	v ($m.s^{-1}$)	Q_k ($m^3.s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{kN} (roky)	ΔQ ($m^3.s^{-1}$)	$Q_{k\%}$ (%)
M1	0,175	0,84	0,0334	0,300	2,75	1,76	1,48	22,82	<1	-21,33	6,5
M2	0,180	2,12	0,0306	0,544	2,60	3,39	7,18		2	-15,64	31,5
M3	0,220	1,82	0,0309	0,455	2,25	2,72	4,95		1	-17,87	21,7
M4	0,250	2,00	0,0342	0,488	2,25	2,55	5,09		1	-17,73	23,3
M5	0,270	2,00	0,0290	0,488	2,00	2,84	5,68		1	-17,14	24,9
M6	0,290	2,00	0,0342	0,488	2,00	2,40	4,80		1	-18,02	21,0
M7	0,330	1,50	0,0352	0,405	2,25	2,11	3,17		<1	-19,65	13,9
M8	0,500	1,98	0,0228	0,495	2,25	3,97	7,86		2	-14,96	34,4
M9	0,570	2,64	0,0225	0,574	2,50	4,74	12,52		9	-10,30	54,9
M10	0,660	4,64	0,0281	0,580	2,75	3,94	18,28		35	-4,54	80,1

Vysvetlivky k tab. 2: M – označenie mosta, S_{pp} – plocha prietokového profilu mosta (m^2), n – stupeň drsnosti (-), R – hydraulický rádius (m), i – pozdĺžny sklon (%), v – priemerná profilová rýchlosť ($m.s^{-1}$), Q_k – kapacita prietokového profilu mosta ($m^3.s^{-1}$), Q_{100} – 100 - ročný prietok ($m^3.s^{-1}$), Q_{kN} – priemerný interval opakovania prietoku, ktorý bezpečne pretečie prietokovým profilom mosta (roky), ΔQ_k - absolútny rozdiel (+ -) kapacity prietokového profilu mosta vo vzťahu k prietoku Q_{100} ($m^3.s^{-1}$), $Q_{k\%}$ – kapacita prietokového profilu mosta vo vzťahu k prietoku Q_{100} (%).

Prietokové kapacity priepustov vo vzťahu k N – ročným prietokom sú uvedené v tab. 3. Najmenšiu prietokovú kapacitu má dvojitý rúrový priepust P4 v km 1,48. Táto prietoková kapacita zodpovedá prietoku na úrovni 5 – ročného prietoku Q_5.

Tab.3 Charakteristiky a kapacita referenčných prietokových profilov priepustov (P) vo vzťahu k N-ročným prietokom

Priep. č.	Stan.od ústia (km)	S_{pp} (m^2)	n	R (m)	i (%)	v ($m.s^{-1}$)	Q_k ($m^3.s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3.s^{-1}$)	Q_{kN} (roky)	ΔQ ($m^3.s^{-1}$)	$Q_{k\%}$ (%)
P1	0,080	5,94	0,020	0,752	2,00	5,79	34,39	22,82	>100	+11,57	150,7
P2	0,430	3,13	0,020	0,623	2,50	5,68	17,78		29	-5,04	77,9
P3	1,040	3,86	0,020	0,682	2,75	6,33	24,44		>100	+1,62	107,1
P4	1,048	2,82	0,020	0,375	2,75	3,53	9,95		5	-12,87	43,6

Vysvetlivky k tab. 3: P – označenie priepustu, S_{pp} – plocha prietokového profilu priepustu (m^2), n – stupeň drsnosti (-), R – hydraulický rádius (m), i – pozdĺžny sklon (%), v – priemerná profilová rýchlosť ($m.s^{-1}$), Q_k – kapacita prietokového profilu priepustu ($m^3.s^{-1}$), Q_{100} – 100 - ročný prietok ($m^3.s^{-1}$), Q_{kN} – priemerný interval opakovania prietoku, ktorý bezpečne pretečie prietokovým profilom priepustu (roky), ΔQ_k - absolútny rozdiel (+ -) kapacity prietokového profilu priepustu vo vzťahu k prietoku Q_{100} ($m^3.s^{-1}$), $Q_{k\%}$ – kapacita prietokového profilu priepustu vo vzťahu k prietoku Q_{100} (%).

Na základe uvedených výsledkov boli navrhnuté opatrenia na zníženie miery rizika a negatívnych dopadov prívalových povodní v toku a povodí. V rámci opatrení v toku boli navrhnuté: pravidelné prehliadky koryta (dva krát ročne a po vyšších prietokoch), odstránenie nánosov a uchytenej vegetácie z dna koryta, stabilizácia eróznych procesov na brehoch v nespevnených úsekoch koryta, pravidelná starostlivosť o brehové porasty, resp. vegetáciu na svahoch koryta (odstránenie odumretých a poškodených drevín, pravidelné zrezávanie krov, kosenie trávy a pod.), opravy poškodených častí pozdĺžnych spevnení (kamennej dlažby), zákaz sypania odpadu do koryta, odstránenie odplaviteľného materiálu z blízkosti toku, zákaz výstavby domácich hospodárskych objektov v bezprostrednej blízkosti toku, pravidelné čistenie prehrádzok (odstraňovanie nánosov) atď. V rámci opatrení v povodí boli navrhnuté opatrenia: premena povrchového odtoku na podpovrchový napr. prírode blízka starostlivosť o lesné ekosystémy, návrh ochranných lesných pásov, starostlivosť o odvodňovacie zariadenia na cestnej sieti a zamedzenie sústredeného povrchového odtoku, protierózne opatrenia

v súvislosti so zrýchľovaním odtoku, navrhli sme zvážiť vybudovanie poldrov a niektoré ďalšie preventívne opatrenia.

Záver

Ak sa máme čo najviac priblížiť k efektívnym a optimálnym riešeniam protipovodňovej ochrany krajiny, mali by sme vychádzať zo spolupráce všetkých zainteresovaných zložiek, ktorých sa problematika dotýka. V príspevku sme chceli poukázať na dobrú spoluprácu samosprávy mesta Zvolen s Technickou univerzitou vo Zvolene pri preventívnych riešeniach protipovodňovej ochrany. Ako riešitelia sme nadobudli počas riešenia tejto úlohy niektoré nové praktické i teoretické skúsenosti, samospráva získala praktické výstupy - podklady pre povodňové plány a pod. V riešení úloh protipovodňovej ochrany je potrebné vychádzať aj zo stretnutí všetkých zainteresovaných zložiek, t. j. správcov tokov, širokého spektra odborníkov - riešiteľov, majiteľov a užívateľov pozemkov v okolí toku, majoritných vlastníkov alebo užívateľov pozemkov v povodí, zástupcov samosprávy a občanov. Vzhľadom k tomu, že zložité teoretické aj praktické úlohy protipovodňovej ochrany nie je možné vyriešiť v krátkodobom časovom horizonte ani z ekonomického, ani z technického hľadiska, veľmi podstatné je určenie priorít konkrétnych opatrení (zásahov) v jednotlivých tokoch. K uvedenému má slúžiť aj spracovaná štúdia.

Literatúra

BRUNNER, G. W. 2010: HEC-RAS River Analysis System. User´s Manual. Version 4.1. Davis, CA: US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 790 s.

JAKUBIS, M. 2003: Posúdenie súčasného stavu vodných tokov Zlatý potok a Pomiaslo (k. ú.) Zvolen z hľadiska protipovodňovej ochrany. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 60 s.

JAKUBIS, M., PAVÚK, J. 2004: Skúsenosti z plánovania protipovodňových opatrení na malých tokoch v katastrálnom území mesta Zvolen. In: Chumová, S. (ed.): Sborník referátů z konference Vodní toky 2004. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., s. 57 – 61.

JAKUBIS, M. 2013: K problematike prívalových povodní na Slovensku a úlohám lesníkov v ochrane krajiny pred povodňami. Vodohospodársky spravodajca, 56, č. 9 – 10, s. 12 – 16.

JAKUBISOVÁ, M. 2009a: Starostlivosť o brehové porasty a jej význam v protipovodňovej ochrane krajiny. In: Chumová, S. (ed.): Vodní toky 2009. Zborník referátov Odbornej konferencie s medzinárodnou účasťou. Kostelec n. Černými lesy: Les. práce, s.143 –147.]

JAKUBISOVÁ, M. 2009b: Význam starostlivosti o brehové porasty v kontexte preventívnej ochrany krajiny pred povodňami. In: Kodrík, M., Hlaváč, P. (eds.) Zborník vedeckej konferencie Ochrana lesa 2009. Zvolen: LF TU vo Zvolene, 7 s.

JAKUBISOVÁ, M. 2012: Protiklady pôsobenia brehových porastov vodných tokov v súvislosti s povodňovými prietokmi. In: Zbor. ref. konf. Vodní toky 2012. Praha: VRV, a. s., s. 190 – 195.

JAKUBISOVÁ, M. 2013: Brehové porasty a povodňové prietoky. In: Jakubis, M., Podkonický, L. (eds.) Zborník vedeckej konferencie Súčasný stav a východiská protipovodňovej ochrany v SR – technické a biotechnické opatrenia v povodiach. Zvolen: TU vo Zvolene, s. 69 – 76.

KOMPAN, F. 1982: Lesnícke stavby. Zvolen: ES VŠLD vo Zvolene, 196 s.

MAIDMENT, D. R., 1993: Handbook of Hydrology. New York: McGraw-Hill, INC., 1423 s.

RAPLÍK, M., VÝBORA, P., MAREŠ, K. 1989: Úprava tokov. Bratislava: Alfa, 640 s.

SCHAFFENBERG, W. A., FLEMING, M. J. 2010: Hydrologic Modeling System HEC-HMS. User´s Manual.Version 3.5. Davis, CA: US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 318 s.

STURM, T. W. 2001: Open Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill Companies Inc., 493 s.

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík

Zákon č. 7/2010 z 2. decembra 2009 o ochrane pred povodňami

Zákon č. 364/2004 z 13. mája 2004 o o vodách

Ochrana pred povodňami, transport sedimentov a revitalizačné opatrenia na slovensko-maďarskom úseku Dunaja v rámci projektu DuReFlood

Lukáč, M., Holubová, K., Čomaj, M.
Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava
lukac@vuvh.sk, holubova@vuvh.sk, comaj@vuvh.sk

Abstrakt

Bilaterálny projekt DuReFlood – „Obnova inundácií Dunaja pre posilnenie ochrany pred povodňami a zvýšenie ekologickej hodnoty rieky na úseku medzi Sapom a Szobom“ je riešený v rámci maďarsko-slovenského programu cezhraničnej spolupráce pre roky 2007-2013. Partnermi projektu sú ÉDUVIZIG Györ a Technická a Ekonomická Univerzita v Budapešti na maďarskej strane, VÚVH Bratislava a SVP, OZ Bratislava na strane slovenskej. Na analýzu súčasného stavu a posúdenie účinkov navrhovaných opatrení budú vytvorené 1D, 2D a 3D matematické modely. Výskumný ústav vodného hospodárstva je zodpovedný za zostavenie 1D morfologického modelu Dunaja v celom záujmovom úseku a 2D hydrodynamických modelov vo vybraných lokalitách. Väčšina rozpočtu projektu je financovaná z Európskeho fondu regionálneho rozvoja EÚ, zvyšok zo štátnych rozpočtov a z vlastných zdrojov partnerských inštitúcií.

Kľúčové slová

Dunaj, ochrana pred povodňami, morfologický vývoj koryta, revitalizačné opatrenia, modelovanie

Úvod

Bilaterálny projekt „Obnova inundácií Dunaja pre posilnenie ochrany pred povodňami a zvýšenie ekologickej hodnoty rieky na úseku medzi Sapom a Szobom“ (akronym **DuReFlood**) je riešený v rámci maďarsko-slovenského programu cezhraničnej spolupráce pre roky 2007-2013. Vedúcim partnerom je ÉDUVIZIG Györ a jeho cezhraničným partnerom na slovenskej strane Výskumný ústav vodného hospodárstva (ďalej VÚVH) v Bratislave. Ďalšími projektovými partnermi sú Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. (ďalej SVP) a Technická a Ekonomická Univerzita v Budapešti. Iniciátorom projektu bola Slovensko-maďarská komisia pre hraničné vody, ktorá sa zaviazala predložiť spoločný projekt na analýzu procesov prebiehajúcich v inundáciách Dunaja z pohľadu ich povodňovej bezpečnosti a ekologického potenciálu. Prvé návrhy na projekt predložené v roku 2008 neboli úspešné, hoci mali pozitívnu odozvu i podporu na oboch stranách Dunaja. Ďalšie prípravné aktivity začali v decembri 2010 a po sérii pracovných stretnutí medzi partnermi vyústili do výsledného návrhu projektu, ktorý bol následne v roku 2011 schválený a bolo potvrdené jeho financovanie. Väčšina rozpočtu projektu je financovaná z Európskeho fondu regionálneho rozvoja EÚ, zvyšok zo štátnych rozpočtov a z vlastných zdrojov partnerských inštitúcií. Keďže sa významne predĺžila doba obstarania dát nevyhnutne potrebných pre realizáciu projektu, pôvodne predpokladaná doba riešenia projektu (24 mesiacov) bola tiež predĺžená a projekt bude ukončený v roku 2014.

Hlavným cieľom projektu je vypracovanie štúdie zameranej na dlhodobo udržateľnú stratégiu ochrany pred povodňami a prevenciu, ktorá zmenší negatívne sociálne a ekonomické dôsledky povodní v záujmovej oblasti. Navrhnuté opatrenia zároveň prispejú k zlepšeniu ekologického stavu daného úseku rieky.

Špecifické ciele projektu boli v nadväznosti na jeho hlavný cieľ definované nasledovne:

- posúdiť súčasný stav ochrany pred povodňami na úseku Dunaja medzi Sapom a ústím Ipľa,
- navrhnúť efektívne opatrenia na zníženie hladín povodňových prietokov,
- navrhnúť sprietočnenie vybraných ramenných sústav Dunaja.

Partneri projektu rozdelili vecnú náplň projektu do piatich aktivít (pracovných balíkov):

- Aktivita 1: Vytvorenie databázy údajov – topografický model
- Aktivita 2: Analýza dynamiky prúdenia povodňových prietokov
- Aktivita 3: Posúdenie vplyvu navrhovaných opatrení na morfologický vývoj koryta Dunaja a režim veľkých a stredných vôd
- Aktivita 4: Posúdenie účinnosti navrhovaných protipovodňových opatrení – optimalizácia návrhov obnovy záplavových území
- Aktivita 5: Koordinácia projektu

Spoločne vytvorená databáza relevantných údajov je základným nevyhnutným predpokladom pre zostavenie modelov, ktoré budú využité pri analýze dynamiky prúdenia povodňových prietokov, pri analýze a prognóze morfologického vývoja koryta Dunaja a tiež pri kvantifikácii vplyvu navrhovaných opatrení a optimalizácii scenárov revitalizácie vybraných ramenných sústav Dunaja. Topografický model koryta a inundácií Dunaja bol zostavený na základe leteckého snímkovania technológiou LiDAR, pozemných geodetických meraní a pravidelného snímkovania koryta Dunaja. Okrem topografických údajov sa v databáze nachádzajú ďalšie údaje potrebné pre riešenie projektu a analýzy – hydrologické údaje, , prevádzkové údaje o zaznamenaných hladinách a prietokoch vody, údaje o transporte a granulometrickom zložení sedimentov, údaje o ťažbe sedimentov v záujmovom úseku Dunaja a pod.

Počas riešenia projektu boli zostavené (príp. boli v dobe písania príspevku vo vývoji) viaceré matematické (numerické) modely:

- 1D hydrodynamický model (softvér MIKE 11) na celom záujmovom úseku Dunaja od Sapu po Szob (riečne kilometre 1811-1708) – riešiteľské pracovisko: ÉDUVIZIG Györ
- 1D model (softvér MIKE 11) morfologického vývoja koryta Dunaja od Sapu po Szob – riešiteľské pracovisko: VÚVH Bratislava
- 2D hydrodynamické modely (softvér CCHE2D) vo vybraných úsekoch navrhovaného sprietočnenia ramenných sústav Dunaja (Medveďovská a Kľúčovecká sústava ramien, Veľkolélsky ostrov, ústie Hrona do Dunaja) – riešiteľské pracovisko: VÚVH Bratislava
- 3D hydrodynamický model (softvér SSIIM) vo vybranom úseku Dunaja s usmerňovacími stavbami (výhonmi) – riešiteľské pracovisko: Technická a Ekonomická Univerzita Budapešť

V nasledujúcich častiach príspevku uvedieme komentár k niektorým predbežným výsledkom projektu, k morfologickému vývoju koryta Dunaja na úseku medzi Sapom a Szobom a k aktivitám VÚVH počas významnej povodne z júna 2013 na slovensko-maďarskom úseku Dunaja.

Morfologický vývoj koryta Dunaja na úseku medzi Sapom a Szobom – monitoring a modelovanie

Koryto Dunaja pod Sapom sa v súvislosti s prevádzkou VD Gabčíkovo výrazne zmenilo. Zvýšená dynamika prúdenia vody súvisiaca s nestacionárnym režimom prevádzky a zmena podmienok pre transport sedimentov (prerušenie kontinuity transportu hrubozrnných sedimentov – splavenín) sa prejavili výraznou morfologickou nestabilitou koryta Dunaja, ku ktorej prispievajú aj práce súvisiace s úpravami koryta pre udržanie plavebných podmienok - bagrovanie dnového materiálu, výstavba a údržba výhonov [3]. Podkladom pre analýzy morfologického vývoja koryta rieky v nedávnej minulosti [2] i v rámci aktuálneho projektu boli terénne merania priečnych profilov koryta Dunaja v rôznych časových horizontoch (1992, 1994, 2001, 2006, 2013).

V prvých rokoch (1992-1994) prevádzky VD Gabčíkovo dno koryta Dunaja najvýraznejšie pokleslo (miestami o viac ako 5 m) na úseku rkm 1810-1808, pričom protiprúdová degradácia riečneho dna sa prejavila čiastočne aj v starom koryte Dunaja. Degradácia dna sa v ďalšom období výrazne prejavovala v smere po prúde (až k rkm 1801), pričom došlo k uvoľneniu stability brodového úseku v oblasti mosta v Medveďove. Tento významný pokles dna spôsobil výraznú redukciu pozdĺžneho sklonu Dunaja na úseku rkm 1811-1795. Priemerný sklon dna tu za 14 rokov (1992-2006) poklesol z 0,3 ‰ na 0,15 ‰ [3], čím sa priblížil k priemernému sklonu na nižšie ležiacom úseku Dunaja po Štúrovo. Na obrázku 1 je porovnanie pozdĺžnych profilov dna koryta Dunaja v celom záujmovom úseku. Základom porovnania boli priečne profily rieky zamerané v dvoch časových horizontoch – v rokoch 1992-1993, t.j. po uvedení VD Gabčíkovo do prevádzky a v rokoch 2012-2013, ktoré reprezentujú súčasný stav. Z digitálnych modelov koryta Dunaja boli v GIS vygenerované priečne profily so vzájomnými vzdialenosťami 50-150 m. Pozdĺžne profily na obrázku 1 zobrazujú kóty najhlbších miest týchto profilov. Pre komplexné hodnotenie erózno-sedimentačných procesov je reprezentatívnejšie porovnanie zmien plochy priečnych profilov a objemových zmien na parciálnych úsekoch koryta Dunaja (objemy erózie, resp. akumulácie-zanášania). Takéto porovnanie bolo realizované pre obdobia 1992-2001 a 2001-2006 [2]. Medzi Sapom a Komárnom boli vymedzené charakteristické úseky s dominantnými morfologickými procesmi: oblasť výraznej erózie dna (rkm 1811-1795), „kvázi-stabilný“ úsek (rkm 1795-1789), úsek mierneho zanášania (rkm 1789-1780) a úsek miernej erózie (rkm 1780-1765). Podrobná analýza vývoja plošných a objemových zmien koryta Dunaja až do súčasnosti bude súčasťou záverečnej správy o riešení projektu.



Obr. 1: Časový vývoj pozdĺžneho profilu najnižších bodov dna koryta Dunaja

Vyhodnotenie zmien najnižších bodov profilov koryta Dunaja do súčasnosti (obr. 1) naznačuje, že základné trendy morfologického vývoja koryta na úseku Sap-Komárno sa od roku 2006 veľmi nezmenili. Typické oblasti erózie a zanášania korešpondujú s vyhodnotením pre rok 2006, čo indikuje prechod do obdobia stabilizácie rovnovážneho stavu. Úsek medzi Komárnom a Szobom sa ako celok javí stabilne, najmä v porovnaní s vyššie ležiacim úsekom Dunaja, ktorý prešiel dynamickým vývojom v hodnotenom období. Krátke úseky s prevládajúcou miernou eróziou sa striedajú s úsekmi kde

prevláda mierne zanášanie. Výnimkami sú len parciálne úseky výraznejšej erózie pri Radvani nad Dunajom (rkm 1746-1749) a výraznejšieho zanášania pri Chľabe (rkm 1710-1711).

Súčasťou komplexnej štúdie realizovanej na VÚVH [2] bolo aj modelovanie morfologického vývoja koryta Dunaja na úseku Sap-Komárno. Použitý bol 1D morfologický model MIKE 11, ktorý zároveň predstavuje základ pre morfologický model zostavovaný počas riešenia projektu DuReFlood. Ten zahŕňa celý slovensko-maďarský úsek koryta Dunaja medzi Sapom a Szobom. Pri kalibrácii modelu boli využité poznatky o transporte splavenín, ktoré vyplynuli z terénnych meraní realizovaných VÚVH na Dunaji nad Kližskou Nemou (rkm 1795,5) v rokoch 2000-2002 [5]. V rámci vyhodnotenia meraní boli odvodené empirické hodnoty koeficientov v rovnici Meyer-Petera a Műllera pre výpočet prietoku splavenín, platné pre tento úsek Dunaja. Pri kalibrácii morfologického modelu boli okrem vzťahu Meyera-Petera a Műllera testované aj ďalšie rovnice pre výpočet transportu sedimentov, ktoré možno zvoliť v aplikovanom morfologickom modeli MIKE 11 – rovnice Ackers & White, Engelund & Hansen, Sato, Kikkawa & Ashida. Bohužiaľ, model neumožňoval úpravu koeficientov v rovnici Meyer-Petera a Műllera podľa výsledkov priamych terénnych meraní. Najlepšie kalibračné výsledky boli dosiahnuté s rovnicou Sato, Kikkawa & Ashida, ktorá dobre interpretovala dynamický vývoj koryta Dunaja pod Sapom po uvedení VD Gabčíkovo do prevádzky. Podľa tohto vzťahu pohyb splavenín začínal na úseku medzi rkm 1811 a 1799 už pri prietokoch menších ako 1000 $m^3.s^{-1}$, kým v oblasti Komárna až pri prietokoch väčších ako 3000 $m^3.s^{-1}$ [3]. Predpokladáme, že súčasné zmenené podmienky transportu sedimentov (menší pozdĺžny sklon) bude pravdepodobne lepšie vystihovať iný teoreticko-experimentálny vzťah. Aj na túto otázku poskytnú odpoveď výsledky projektu DuReFlood.

Z pohľadu riešenia projektu DuReFlood je zaujímavá spolupráca VÚVH s francúzskymi odborníkmi z inštitútu Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) v Lyone v rámci bilaterálneho programu Štefánik – Partenaire Hubert Curien, ktorý je financovaný francúzskym Ministerstvom zahraničných vecí a slovenským Ministerstvom školstva, vedy a športu. Náplňou spoločného projektu partnerských inštitúcií je porovnanie modelov používaných pri štúdiu a modelovaní morfologického vývoja korýt vodných tokov – MIKE 11 (VÚVH Bratislava), resp. RubarBE (Irstea Lyon). Záujmovou oblasťou spolupráce je úsek Dunaja medzi Sapom a Komárnom. V prvej etape bilaterálnej spolupráce boli na základe skôr spomínaných priamych meraní transportu splavenín analyzované lokálne hydraulické podmienky, ktoré ovplyvňujú transport sedimentov. Priemerné šmykové napätie pri dne používané v 1D modeloch bolo porovnané s rozdelením šmykového napätia v mernom profile, ktoré bolo odvodené z výsledkov meraní. Z analýzy vyplynulo, že modelmi odhadované hodnoty šmykového napätia pre daný úsek Dunaja sú zvyčajne veľmi blízke hodnote kritického šmykového napätia, ktorá zodpovedá začiatku pohybu sedimentov [1]. V ďalšej etape spolupráce, ktorá bude ukončená v prvej polovici roku 2014, budú porovnané výsledky modelovania morfologického vývoja koryta Dunaja modelmi MIKE 11 a RubarBE.

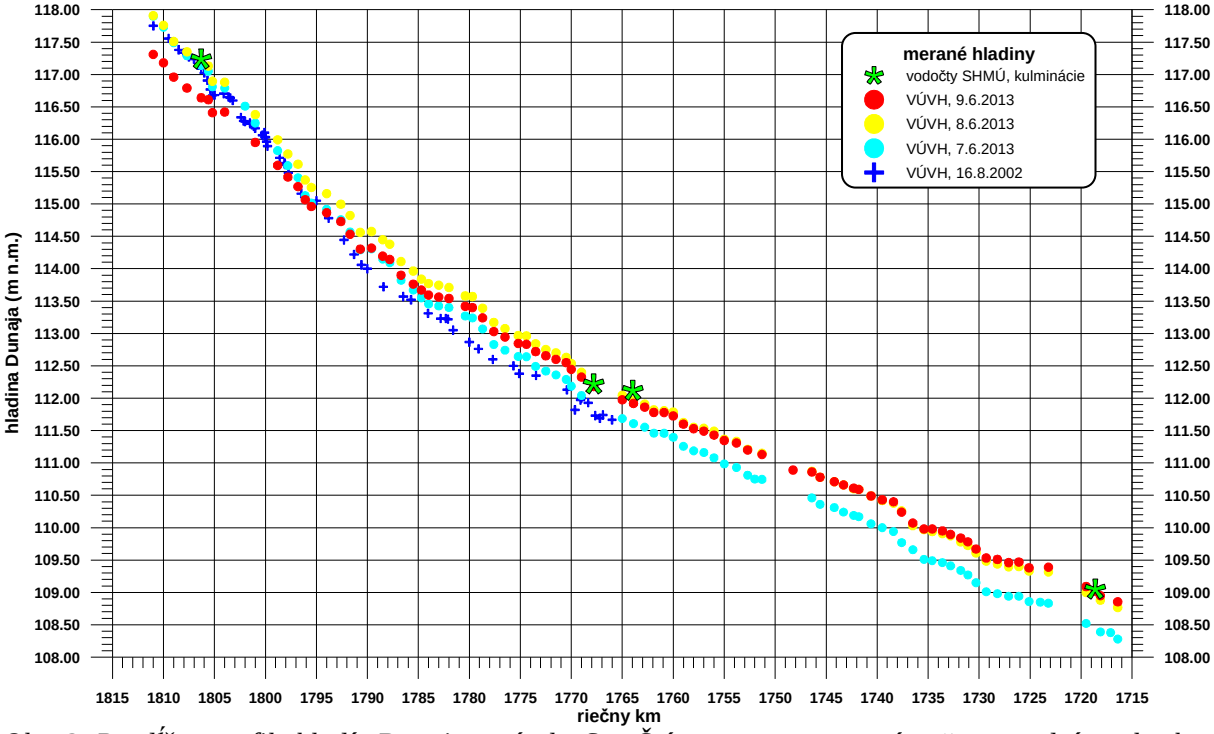
Terénne práce VÚVH počas povodne na Dunaji v júni 2013

Začiatkom júna roku 2013 sa v povodí Dunaja vyskytla významná povodeň, ktorej odhadovaná doba opakovania presahovala 100 rokov na slovensko-maďarskom úseku Dunaja, ktorý je záujmovou oblasťou riešenia projektu DuReFlood.

Príčinou povodne boli výdatné úhrny zrážok, ktoré sa v nemeckej časti povodia Dunaja vyskytovali od 30.5.2013. Keďže výdatné zrážky nezasiahli len nemeckú, ale aj rakúsku časť povodia Dunaja, začali hladiny v rakúskych vodomerných staniciach stúpať takmer súčasne s hladinou v nemeckej stanici Passau-Ilzstadt. Na území Slovenska začal vzostup vodnej hladiny v piatok 31.5.2013 ráno. Po prechodnej ustálenosti od 2.6.2013 výrazný vzostup vodných hladín pokračoval a pretrvával až do 6.6.2013, kedy hladina kulminovala v Bratislave na úrovni 1034 cm. Takýto vodný stav nebol

v Bratislave dosiahnutý od roku 1889. Povodňová vlna postupovala po celom slovenskom úseku Dunaja až po Štúrovo (kulminácia 9.6.2013 o 7:00 hod), pričom sa na strednom a dolnom úseku prejavila taktiež rekordnými vodnými stavmi. Odhadovaná doba opakovania presiahla 100 rokov v staniciach Medveďov (Q_{kulm}=10240 $m^3.s^{-1}$) a Štúrovo (Q_{kulm}=9487 $m^3.s^{-1}$). Dosiahnuté úrovne vodných stavov vo všetkých vodomerných staniciach prekonali doteraz namerané hodnoty [4].

Povodeň predstavovala výbornú príležitosť pre získanie mimoriadne cenných a výsostne aktuálnych údajov a poznatkov o povodňovom režime na slovensko-maďarskom úseku Dunaja. Pracovníci VÚVH počas povodne realizovali každodenné merania pozdĺžnych profilov hladiny Dunaja pozdĺž slovenskej ochrannej hrádze na úseku od Sapu po Štúrovo. Na obrázku 2 uvádzame porovnanie pozdĺžnych profilov meraných hladín Dunaja na tomto úseku v dňoch 7.6.2013-9.6.2013. V grafe je aj pozdĺžny profil hladín Dunaja, ktoré boli zaznamenané pracovníkmi VÚVH počas povodne v auguste 2002.



Obr. 2: Pozdĺžne profily hladín Dunaja na úseku Sap-Štúrovo, zaznamenané počas povodní v rokoch 2002 a 2013

Z grafu je zrejmé, že hladiny Dunaja počas povodne v júni 2013 boli vyššie ako hladiny počas povodne z augusta 2002. Tieto údaje budú využité pri kalibrácii a verifikácii modelov zostavených pri riešení projektu DuReFlood a pri analýzach dynamiky prúdenia povodňových prietokov.

Zoznam literatúry

[1] *Camenen, B., Holubová, K., Lukáč, M., Le Coz, J., Paquier, A. (2011):* Assessment of Methods Used in 1D Models for Computing Bed-Load Transport in a Large River: The Danube River in Slovakia. Journal of Hydraulic Engineering ASCE. October 2011, pp. 1190-1199

[2] *Holubová, K., Capeková, Z., Lukáč, M. (2006):* Zhodnotenie vplyvu vykonaných úprav Dunaja na súčasný stav a vývoj koryta vo vzťahu k zmenám vodného režimu. Aktualizácia smerodajných hladín Dunaja na úseku Sap – ústie Ipľa. Záverečná správa. VÚVH Bratislava

[3] *Holubová, K., Lukáč, M. (2009):* Prognóza morfologického vývoja dna Dunaja na úseku Sap – Komárno. In: Sedimenty vodných tokov a nádrží. Zborník prednášok z V. konferencie s medzinárodnou účasťou. Bratislava

[4] *Lešková, D. a kol. (2013):* Povodeň na Dunaji v júni 2013. Slovenský hydrometeorologický ústav. Centrum predpovedí a výstrah. Bratislava

[5] *Lukáč, M., Holubová, K., Szolgay, J. (2002):* Výskum režimu plavenín a splavenín na Dunaji v oblasti pod Sapom. Priebežná správa VTP 27-34: Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy. VÚVH Bratislava

Flood protection, sediment transport and river restoration measures at the Slovak-Hungarian section of the river Danube in the frame of the DuReFlood project

Lukáč, M., Holubová, K., Čomaj, M.
Water Research Institute, Bratislava
lukac@vuvh.sk, holubova@vuvh.sk, comaj@vuvh.sk

Abstract

Bilateral project DuReFlood – „Danube floodplain rehabilitation to improve flood protection and enhance the ecological values of the river in section between Sap and Szob“ is solved in the frame of the Hungary-Slovakia Cross-border Co-operation Programme 2007-2013. The project partners are – ÉDUVIZIG Györ and University of Technology and Economy in Budapest at the Hungarian side and Water Research Institute Bratislava and Slovak Water Management Enterprise at the Slovak side. Mathematical 1D, 2D and 3D models will be created for the analysis of the current state and evaluation of the effects of proposed measures. Water Research Institute project staff is responsible for the creation of 1D morphological model of the whole river section of interest and 2D hydrodynamic models in the selected areas. Majority of project budget is funded through the EU Fund of Regional Development, rest from the states budgets and own sources of the project partners.

The specialities of the water damage prevention in the Lower-Tisza district

Dr. Péter Kozák Ph.D.

Lower-Tisza District Water Directorate

Szeged, Hungary

kozakp@ativizig.hu

Abstract

According Hungary's natural conditions the human living conditions of the social expectations can be insured alone by the constructed and maintained infrastructure in the Lower-Tisza region. In our terminology the "water damage prevention" means first the river flood events are generated from the sudden raised floods coming from the highlands and the other is the excess water floods which are generated in the lowlands. In 1840 extensive water- regulation works were instituted in order to reduce the inundations and floods in the country, which resulted the development of the national flood protection system and the drainage works of the water-covered areas had begun for covering the environment of calculable agricultural production. The prevention system of the flood and excess water were building and developing continuously until 1990. The development of the works was hang up because of the following social changes in the 1990 years, then intensive flood and internal water periods followed from 1999, the work had begun again. The prevention infrastructures defending in case of the bigger areas and more settlements owned by the State, while the operation and maintenance is the obligation of the local governments in case of systems defending the single settlements.

The most important reason of development of the national water damage prevention system is related with hydrographic conditions of the country.

The author's activity primarily is based on the experiences of flood and excess water prevention systems of the second largest river in Hungary, the river Tisza, and it's lower section.

The author presents the currently defensive systems in details and its efficiency related experiences. He emphasis the flooding's injuries of the excess water periods. Based on he presents development opportunity and directions of the water surplus period's treatment.

Key words

Flood, floodplain, inundation by undrained runoff, excess water, drought, water shortage, flood waves, flood loop curves, sedimentary deposition, interference of flood waves,

Chapter1: Geographical and hydrographical features of the area

The Lower Tisza region is located in the south-western part of Hungary. As a result of its geographical and hydrological properties, the region has special features in respect of water management events.

The current image of the surface of the area is mostly determined by the changes of the Quaternary period. Initially, the impacts of the fluvial surface forming processes were predominant but later on, by the climate change, the surface was shaped by the surface forming activity of the wind. In the historical geological eras the land went through significant changes, as a result of which the present form of the water system was developed. The water network got its present form partly through the river regulation works starting as of 1840 and partly as a consequence of the land drainage activity performed parallel with the aforesaid.

The objective of the river regulation and land drainage activities started as of 1840 was to decrease the areas regularly inundated by the then water network and to involve new cultivation areas in agricultural production (**Figure 1.**). The objectives were implemented by cutting through the overdeveloped fluvial curves, simultaneously with which a protective embankment system was constructed along the rivers.

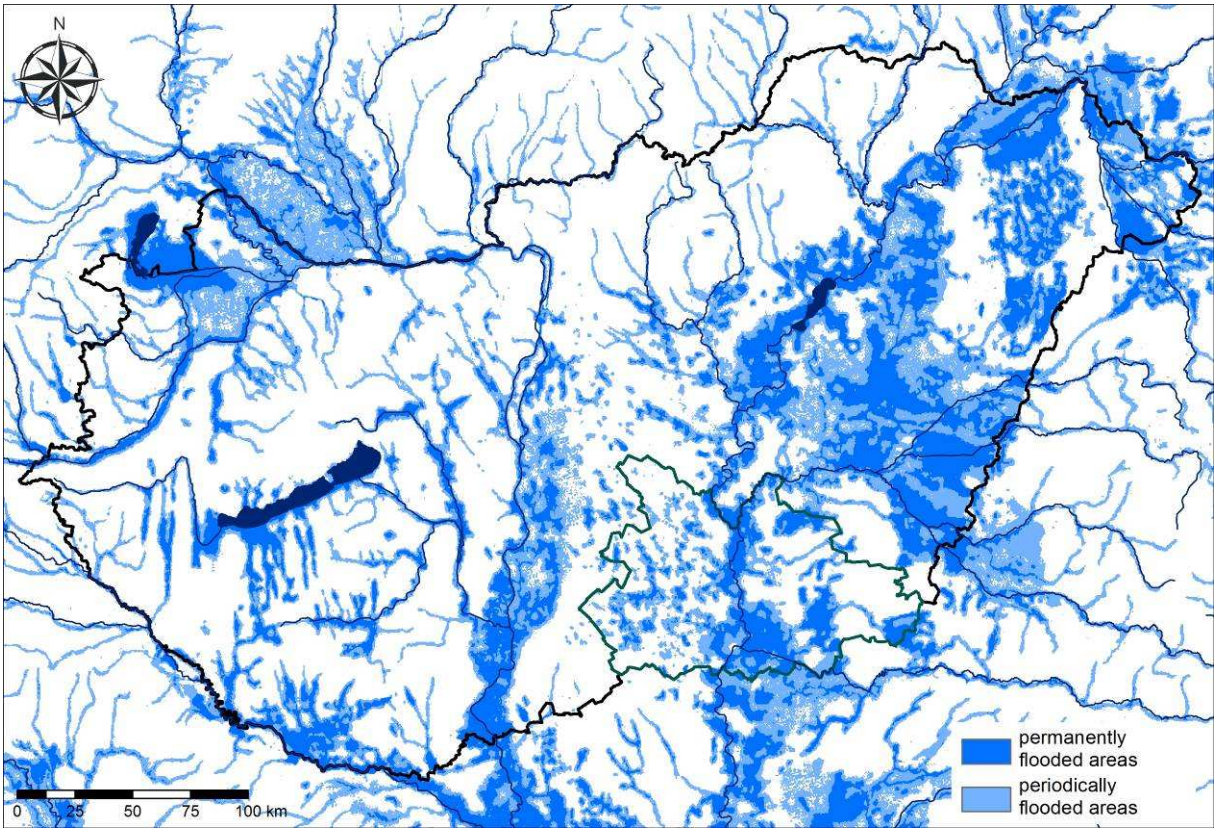


Figure 1: Wetlands of Hungary before the commencement of the drainage works, around 1840

As a result of the river regulation works and the increased water surface drop of the river, the travel time of floods has considerably decreased. On the other hand, the constructed protective system provided efficient protection against inundations by floods.

Chapter2: Climate features

The region of the Lower Tisza has a variable or warm-dry climate, respectively. The annual number of sunshine hours is particularly high; it ranges from 2,050 to 2,100 hours.

The annual mean temperature ranges from 10.2 to 10.7 °C and taking the entire 20th century high variability can be observed. Based on the data detected warming can be demonstrated from the second part of the 70's. Recently, the warmest years were 1994, 2000, 2003 and 2010. Comparing 30-year

periods, the period from 1978 to 2008 can be characterised by a mean temperature value 0.3 °C higher than that of the period between 1961 and 1990.
In respect of the coldest season we can also observe a similar process: the mean temperature of the region in January was -1.8 °C between 1961 and 1990, while in the period from 1978 to 2008 the mean temperature of the coldest month was already significantly higher: -1.1 °C.
The annual amount of precipitation ranges between 520 and 620 mm but in extreme cases it did not even reach 400 mm. In the course of the last century the quantity of precipitation decreased; the annual amount got nearly 10% less. This value is significant also because the region had also earlier belonged to areas being poor in precipitation in consideration of the national average. The difference between the amount of precipitation of the driest and wettest years is more then fourfold.

The average thickness of the snow blanket developing in the winter half-year is 18 to 24 cm and the number of days with a snow blanket ranges from 28 to 35 days.

Due to the uneven distribution of precipitation in time and space out of 100 years 28 are expected to be droughty in Hungary. Droughts hit primarily the middle of the Great Plain as in this area the evaporation often exceeds the amount of precipitation (climatic water shortage). The climatic shortage/excess of water ranges from excess water of over 100 mm/year to water shortage of more than 350 mm/year; the maximums occur in the southern water catchment are of the Tisza, in the middle of the Great Plain. This periodically recurring natural phenomenon, meaning in the area a considerable and lasting water shortage for the flora and fauna, agriculture and through these the society, is expected to be made more serious by the climate change. As a result of the interventions following the mid of the 19th century, forcing the inundation areas and wetlands back and changing the usage of land the extent of droughts has grown both in terms of area and duration.

The low-lying inundation areas of the region belong to the averagely and the lowest reliefs to the strongly inland-water hazardous category.

Based on the droughts having occurred so far according to the Pálfai rating the region belongs to the strongly/very strongly droughty zone. According to the map of inland-water hazardous areas the eastern half of the subunit belongs to the averagely, while its western part to the moderately hazardous category. The following map represents the regional occurrence of the different drought categories (**Figure 2**):

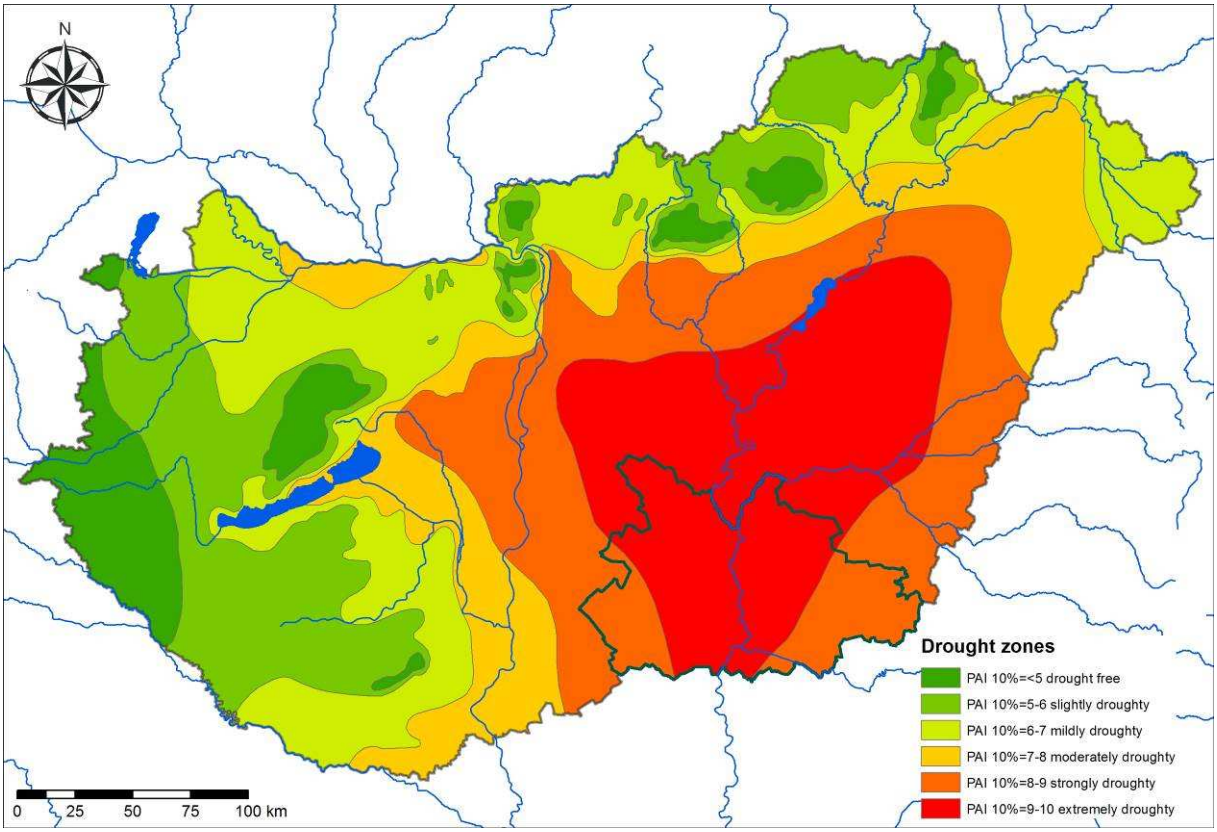


Figure 2: The drought map of Hungary

The prevailing wind direction is north-westerly and southerly, south-easterly; the average wind speed values range between 2 and 3 m/s. The average speed is the highest in the months of February, March and April and the January, November and December also show high values. The average wind speed is the lowest and the number of calm days is the highest in the late summer and early autumn periods.

A peculiarity of the region related to periods abundant in water is the development of inland water. By inland water such excess water of the soil is meant as, on the one hand, makes the upper layers of the soil two-phase by squeezing the air out, and, on the other hand, in large volumes results in continuous inundations in the local depressions of the terrain, such inundations having no outlet and a free water surface (Kozák, 2006). The inundation map of inland waters having occurred in the area in the period from 1957 to 2013 is represented in the following figure (**Figure 3**).

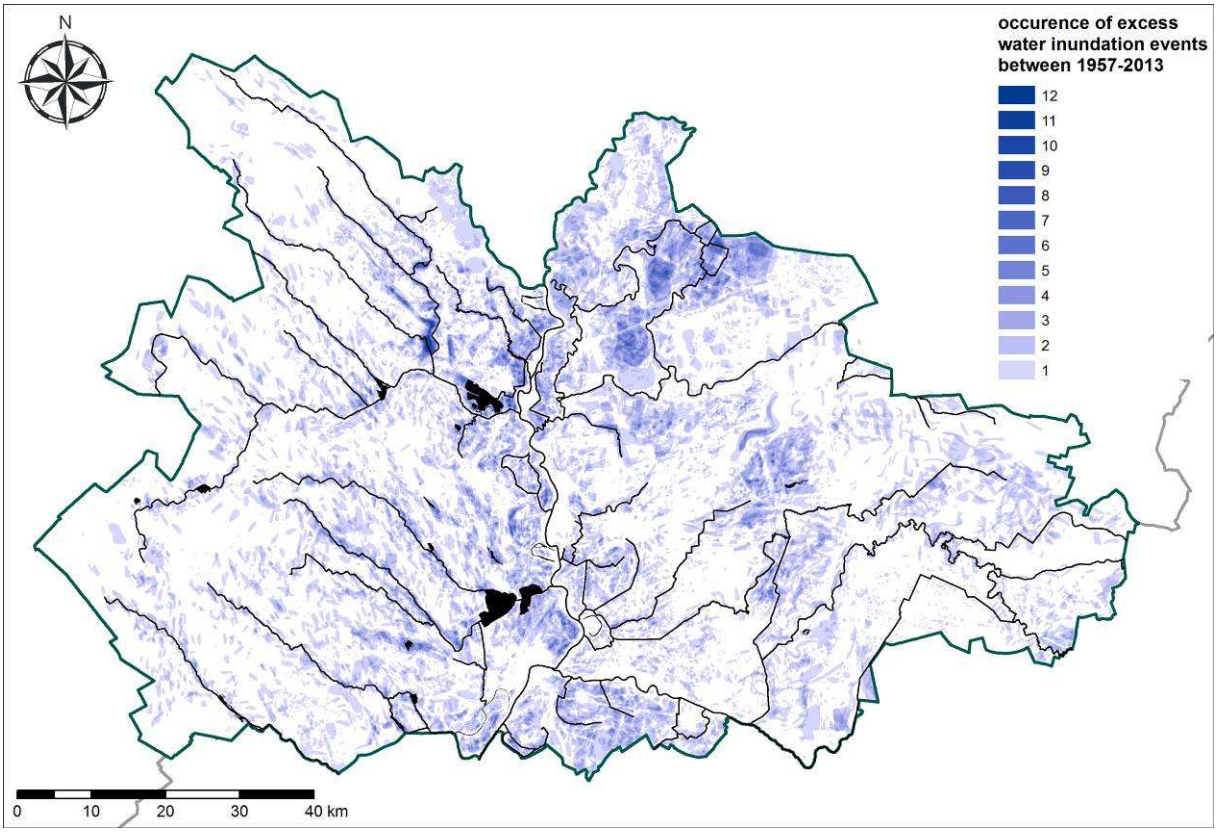


Figure 3: Occurence of excess water inundatiion events between 1957-2013

Chapter2: Peculiarities related to the travel of floods

The water drainage peculiarities of this section of the result have developed as a result of the river regulation works implemented from the 1840's. Due to the river regulation works the entire length of the Tisza decreased by 40%. As a consequence of the accelerated downflows the water surface drops grew, which reduced the exposure primarily of regions located in the upper and medium section of the Tisza to flood (**Chart 1**).

Name of river section	**Water surface drop**		
	originally	after the cuts	increase
	[cm/km]	[cm/km]	%
Tiszaújlak-Vásárosnamény	13.9	22.2	60
Vásárosnamény-Csap	4.2	7	67
Csap-Tokaj	**5.2**	**10.5**	**102**
Tokaj-Szolnok	2.8	5.4	93
Szolnok-Csongrád	1.9	2.9	53
Csongrád-Szeged	2.1	3.1	48
Szeged- estuary	**1.8**	**2.6**	**44**
average:	4.6	7.7	66.6

Chart 1: Change of water surface drops as a result of river regulation works

Based on Chart 1 it can be established that the measures taken to accelerate downflows have considerably, by over 60% of the original value, increased the flood water surface drop of the river. However, this impact could determinatively be observed in the upper and middle sections of the river. In the lower section of the Tisza the drop did not increase significantly; the extent of the increase did

not reach even half of the value having developed in the middle section. Consequently, the flood waves arriving from the upper and middle sections slow down as a result of the considerably decreasing water surface drops. The flood waves still separating well in the upper section of the river become accumulated on each other reaching the lower section. In this way long flood periods lasting even for several months develop.

As a result of increased inclines the bed deepened significantly in certain sections of the river. Its impact can be demonstrated in the low-water range (**Chart 2**).

Section	**Lowest water level detected so far**		**Lowest water level detected in the 1850's**		**Difference** [cm]
	date	water level [cm]	date	water level [cm]	
Szolnok	18 10 1961	-262	3 11 1858	-61	201
Csongrád	08 08 1950	-344	31 10 1858	-68	276
Szeged	**10 10 1946**	**-250**	**7 01 1858**	**32**	**282**
				average:	253

Chart 2: Changes of the lowest water levels following the river regulation works

The deepenings can be considered significant. In the examined sections the lowest water levels were registered some 3 metres deeper. Although the deepening was considerable, this tendency was not followed by the flood levels (**Chart 3**).

Section	Highest water level detected		Crest stage of the flood in 1830 (cm)	Difference (cm)
	year	water level (cm)		
Szolnok	2000	1041	686	355
Csongrád	2006	1033	599	434
Szeged	2006	1009	615	394

Chart 3: Changing of crest stages following the river regulation works

Based on the chart it can be established that the crest stage of floods significantly increased in the lower section of the river. The impact of the deepening of the main channel demonstrated in the foregoing did not compensate the drop of the water surface having increased in the upper section, so in terms of flood this section got into a special situation. The flood waves diverted from the upper river sections cause long lasting flood periods by accumulating on each other in the lower section.

The flood waves travelling along the river are demonstrated well by the figure prepared based on the water post in the Szeged section of the river, in which figure the water levels measured during the greatest floods have been indicated (**Figure 4**).

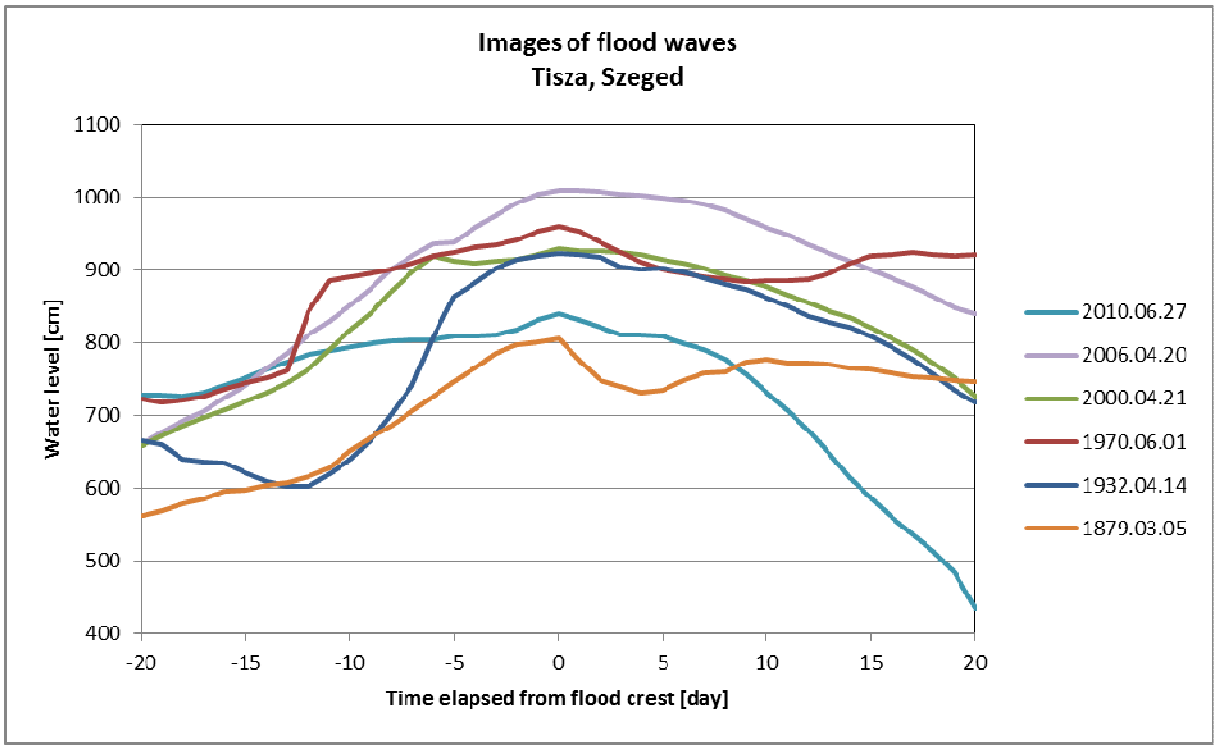


Figure 4: Images of more significant flood waves registered in the Szeged section

The figure represents well the impact of the flood waves arriving one after another on the development of the water levels. As a result of this the flood periods increase.

The floods having occurred since 2000 significantly exceeded the earlier observed flood levels along the river. In the course of the analyses performed following the floods particular attention was paid to identifying the reasons for the development of increasing flood levels along the entire length of the river. In respect of the upper and mid sections the examinations clearly highlighted the effect of sedimentary deposition in the flood plains, as an impact directly responsible for the increase of flood levels. This significant sedimentary deposition could, however, not be demonstrated in the lower section. With a view to the fact that the increase of flood levels can be demonstrated in the lower section, too, it is necessary to perform further examinations to discover its causes.

The efficient causes of the changes having occurred can be demonstrated well by the changing of the hydrograph curves of the flood loop curves. The curves show the correlation between the water level and water yield during the travel of flood waves (**Figure 5**).

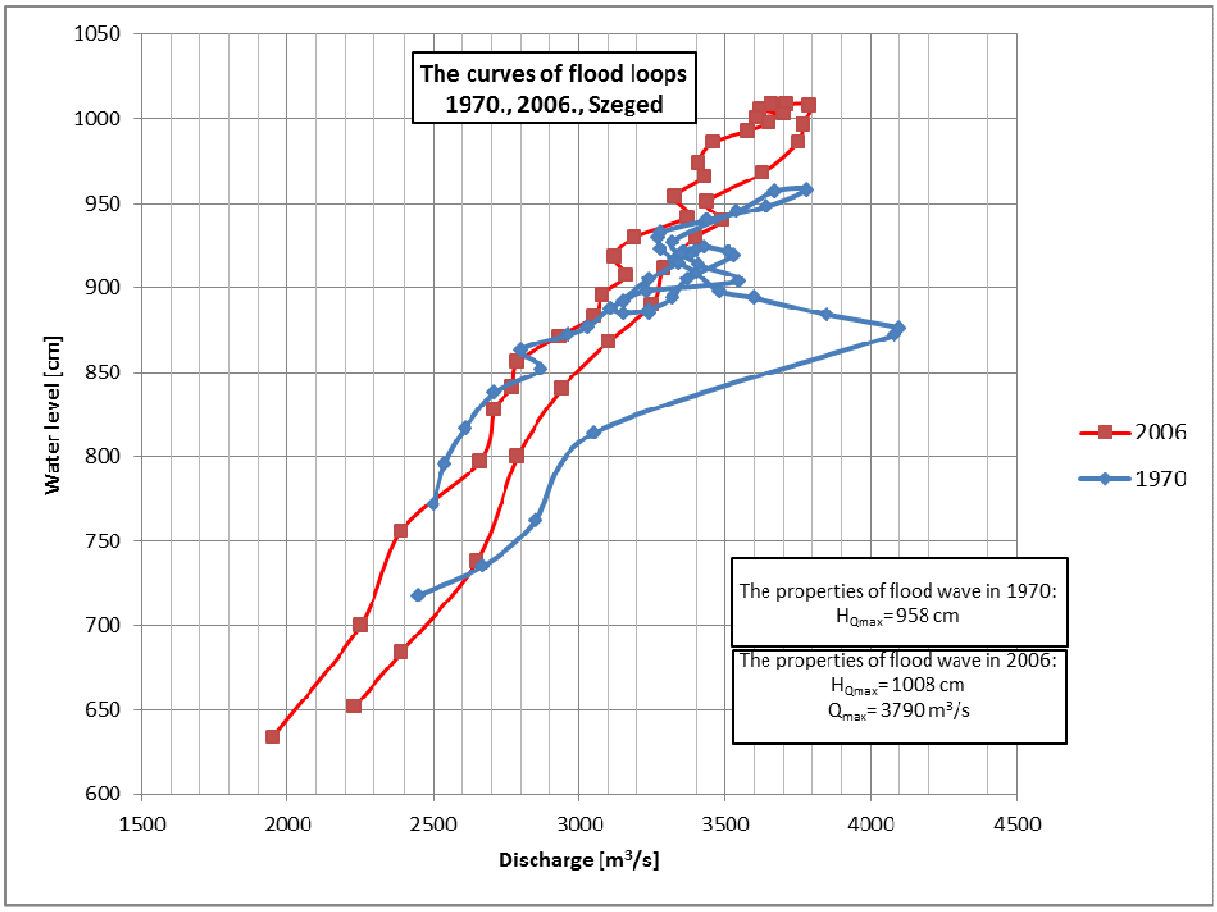


Figure 5: The curves of flood loops, Tisza Szeged

Based on the figures it can be stated that in the course of new floods lower water yields could be registered with the same water levels. A similar phenomenon can be observed also on the mid section of the river, where this is related to the intensive sedimentary deposition in the flood plains. The local examinations did not demonstrate any sedimentary deposition of such extent in the lower section. In the affected section of the river the role of the extremely low water level drops of the Lower Tisza have to be emphasised in connection with the increasing flood levels instead of the intensive sedimentary deposition in the flood plains (Kiss T.– Sipos Gy.– Fiala K. 2002).

This section of the river is protected by a paved flood protection earth embankment against the tensions related to flood loads. The paved protection line is 322.429 km long. The construction parameters were basically determined after the flood in 1970 with an average height safety of 1.0 metre. In the section bordering Serbia the height safety is 1.5 metre. However, the real development of the protection lines does not reach the specified extent in many places. The factors of development shortages are partly composed of the development shortage in terms of height and partly of the shortage resulting from the inappropriate section size.

The location of the developed protection lines and the development shortages existing along them are represented in the following figure (**Figure 6**).

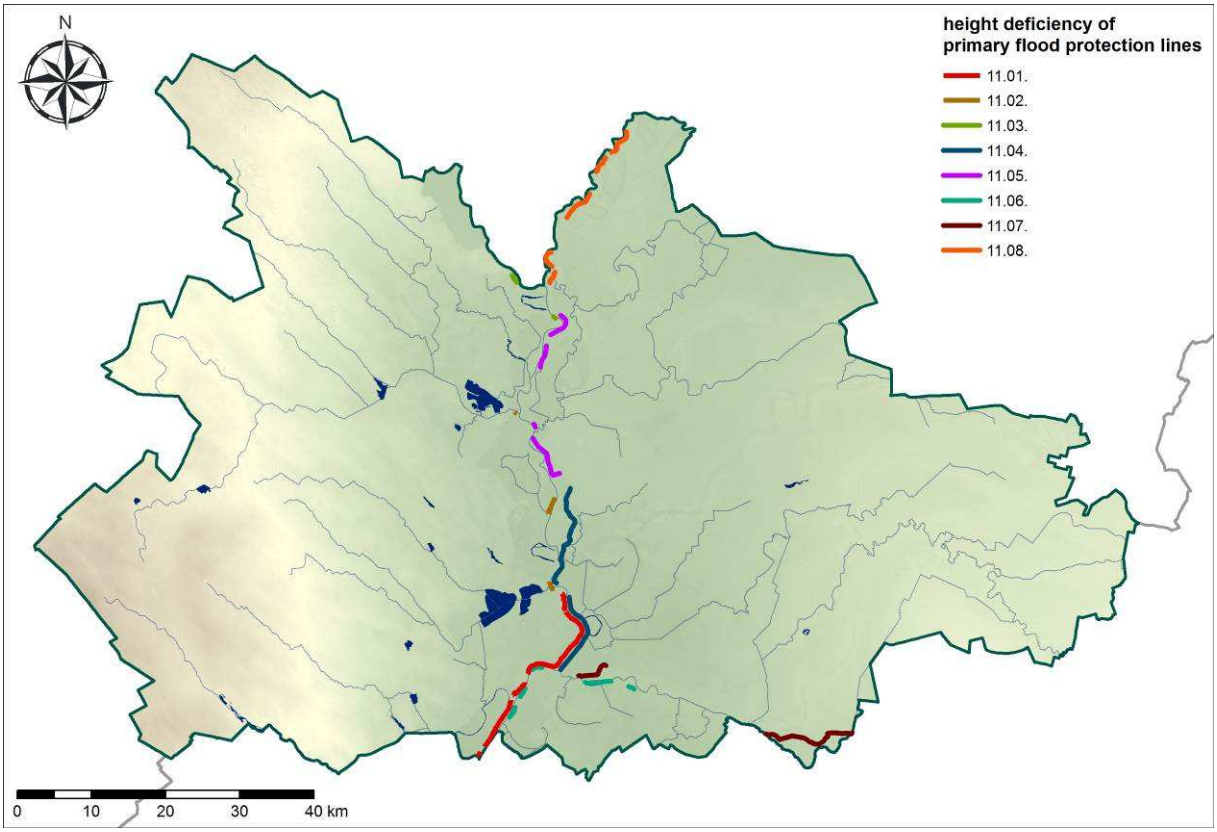


Figure 6: Height deficiency of primary flood protection lines

The entire length of flood ramparts is 322.429 km, out of which a 124.27 km long section has development shortages. In order to eliminate the development shortages of flood protection embankments significant developments are being even currently implemented using the available domestic and EU resources.

The highest water level was measured on the Szeged water post on 21 April 2006 with a water level of 1,013 cm, in which situation the flood waves having travelled on the Tisza did not coincide with the flood levels travelling on the Hármas-Kőrös and the Maros. A peculiarity of this section of the river is that the flood waves of four rivers (Tisza, Hármas-Kőrös, Maros and Danube) are able to cause flood waves being near to the project floods not only together but also individually. To represent this effect, examinations were conducted using the numeric model of the affected river section in order to examine the interference. The results of the examinations are summarised in **Chart 4**.

Model version	Water level [MABSL]	Water level on Szeged water post [cm]	Difference from water level in 2006 [cm]
Flow regime events observed during the flood in 2006 (Tisza Q=3790 m^3/s, Körös Q=632 m^3/s, Maros Q=991 m^3/s)	83.83	1013	0
Flow regime events observed during the flood in 2006 with the coincidence of flood waves travelling on the influent rivers	84.52	1082	69
Flow regime events observed during the flood in 2006 with the coincidence of the flood wave on the Körös with a presumed return period of 100 (Tisza Q=3790 m^3/s, Körös Q=960 m^3/s, Maros Q=991 m^3/s)	84.24	1054	41
Flow regime events observed during the flood in 2006 with the coincidence of the flood wave on the Maros with a presumed return period of 100 (Tisza Q=3790 m^3/s, Körös Q=632 m^3/s, Maros Q=2154 m^3/s)	85.33	1163	150
Flow regime events observed during the flood in 2006 with the coincidence of the flood wave on the Körös and Maros with a presumed return period of 100 (Tisza Q=3790 m^3/s, Körös Q=960 m^3/s, Maros Q=2154 m^3/s)	85.69	1199	186

Chart 4: Model examination results for the coincidence of flood waves at Szeged based on the calculations of R. Sági in 2013

Based on the running results it can be seen that the accumulation of the flood waves of the three rivers on each other can also develop in case of water levels significantly exceeding the currently maximal water levels.

In connection with discharging the flood waves the measures increasing the discharge capacity of flood plains were subjected to a detailed examination. Based on the examination results it can, however, be established that if the interventions increasing the run-off capacity of the flood plain are implemented not starting from the Danube estuary, then the flood waves arriving from the mid section of the river significantly increase the flood hazard of the lower section. With a view to the fact that in this section of the river only slight water surface drops develop and the natural morphological features are not favourable for developing a detention reservoir, either, the appropriate safety against the flood waves can primarily be ensured by constructing sufficient protective lines.

Chapter3: Peculiarities related to the development of inland waters

The conceptual system of inland water is the peculiarity of plain-like areas with a slight decline of the surface. The appearance of inland waters is greatly influenced by the regime of underground waters. The following factors influence the development on inland waters (Kozák, 2006). The natural factors influencing the development of the phenomenon of inland water are as follows:

- Meteorological factors: temperature, precipitation,
- Relief: height above sea level, articulations of the area, convexity,
- Soil: hydraulic conductivity (infiltration), structure, storage capacity, physical kind,
- Hydrogeology: depth and fluctuation of inland water, actual situation,
- Geological properties: soil forming rock, occurrence of any impermeable layer.

The anthropogenic factors influencing the development of the phenomenon of inland water are as follows:

- water-flow regulation: drainage of inland waters, actual performance of the developed agricultural drainage systems,
- agriculture: irrigation, implemented agrotechnical interventions, type of plant grown,
- changing of built-up density, growth of inner areas, level of preparation for community development interventions.

The development of inland waters is determined by the totality of the factors described above as a consequence of the interaction of the static and dynamic factors. In the course of the appearance of inland waters periodically appearing surface inundations and areas covered with saturated soil layers develop.

Two major directions can be defined as the dynamics and direction of the development of inland waters. Inland waters of concentration type appear as a result of surface concentration in smaller surface depressions and their flow to lower-lying directions starts from there. Inland waters of upwelling type flow from below towards the surface as a result of the increased levels of subsoil waters.

In connection with the periods of the development of inland waters the literature mentions the events of early spring as determinant, while the summer and autumn inland waters are mentioned less frequently. However, in the more the 50 years of observations related to inland waters practical experiences showed a different periodical distribution (**Figure 7)**. Contrarily to the data of the literature, late winter and spring inland waters developed in the region only in 46% of the inland water events.

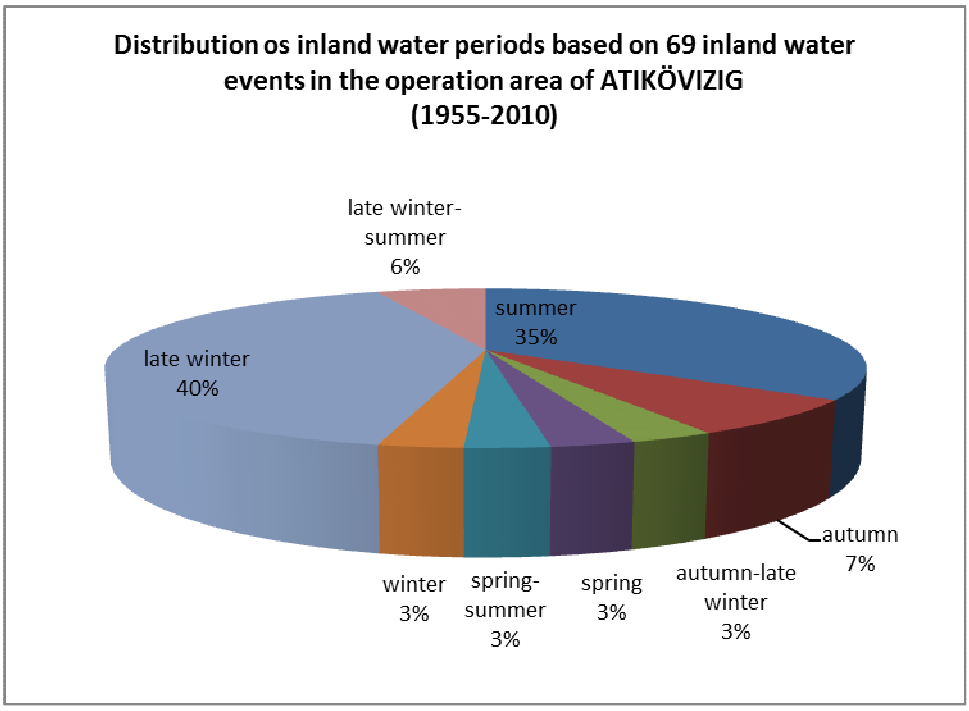


Figure 7: Distribution of inland water periods based on 69 inland water events in the operation area of ATIKÖVIZIG (1955-2010)

The harmful nature of the excess water reserve appearing as a result of inundations by inland water can be construed in cases where there are agricultural cultures or inner inhabited zones in the areas inundated by such waters, in which economically expressible damages occur as a result of the saturated soil layers or the inundations. The distribution of damages occurring as a result of inundations by inland waters can be construed as follows (Kozák, 2011):

- Damages in inner areas: - damages of structures
    - Spatial planning – building non-contributing areas in,

- Lack of sewer network – precipitation, waste water (groundwater hills),
- Lack of owners' self care (lack of eaves gutters + lack of insulation),
- Lack of municipalities' assuming liability as a consequence of insufficient material and human resources.

- Damages in outer areas:
  - damages caused by superficial inundations,
  - harmful water content of the soil,
  - damages caused by the failure of agricultural works,
  - damages occurring in the crop,
  - damages occurring in life and property safety.

In order to mitigate inundations by inland water and to prevent their development it is necessary to jointly examine and analyse a complex system of correlations. As the phenomenon of inland water is basically caused by natural factors, also these factors predominate in their prevention and the reduction of the number of inundations caused by them. As these factors are not ideal in every weather condition in terms of the drainage of inland water, efforts are taken for artificial interventions to prevent damages. For this purpose an inland water drainage system of significant length and capacity has been developed in the area. The key of the development of the system was the operation of large-scale water drainage systems operated in an appropriate volume and by the same owner. In the area the water could gather and then flow through the elements of ever bigger capacity of the water drainage system. Subsequently, the amount of water gathered this way ran into the recipients through the state-owned structures. According to the uniform modes of land use the tasks of technological water drainage were typically performed by large agricultural plants. Through this the tasks of water steering were performed according to uniform principles also in respect of subcatchments. As a result of large-scale economic management, if there was a loss of crop on a smaller part of a large field due to inundation by inland water, the crop averages, being much higher than the average because of the increased water content of the soil, also materially compensated the economic organisation.

Following the change of the regime in Hungary the structures of land ownership have significantly become transformed. The earlier large-scale fields broke up and the number of land owners has grown to its manifold as a consequence of the compensation processes. As a result of this the earlier fields operated in a large-scale system ceased to exist and small plots owned by several hundreds of owners were developed instead. In these plots the uniform approach of water management duties was not ensured and the gathering processes within the fields determinant in terms of inland water drainage could only be implemented in a hindered way. Due to the decrease of available budget the maintenance of the state-owned recipient and drainage system has also considerable diminished. As a result of these impacts the efficiency of the water drainage systems operating earlier with proper efficiency has significantly decreased.

The inundations by inland water appeared as an ever increasing problem in respect of inner areas, as well. The reason for this was related to the insufficiently substantiated urban development activity. In case of settlements with a continuously decreasing small number of inhabitants such areas were designated to belong to the inner area as had not been inhabited even within the settlements for long decades because they were located in areas belonging to unfavourable water management ownership. Filling up of areas applied in such regions did not always replace the appropriately developed water drainage systems within the plots or settlements, and, consequently, significant problems arose in the inner areas in the course of many periods with inland water issues.

During the examination of the efficiency of the inland water drainage system the map of inundations prepared before drainages, represented in **Figure 1**, was compared with the map of inundations observed between 1957 and 2010, represented in **Figure 3** (**Figure 8**).

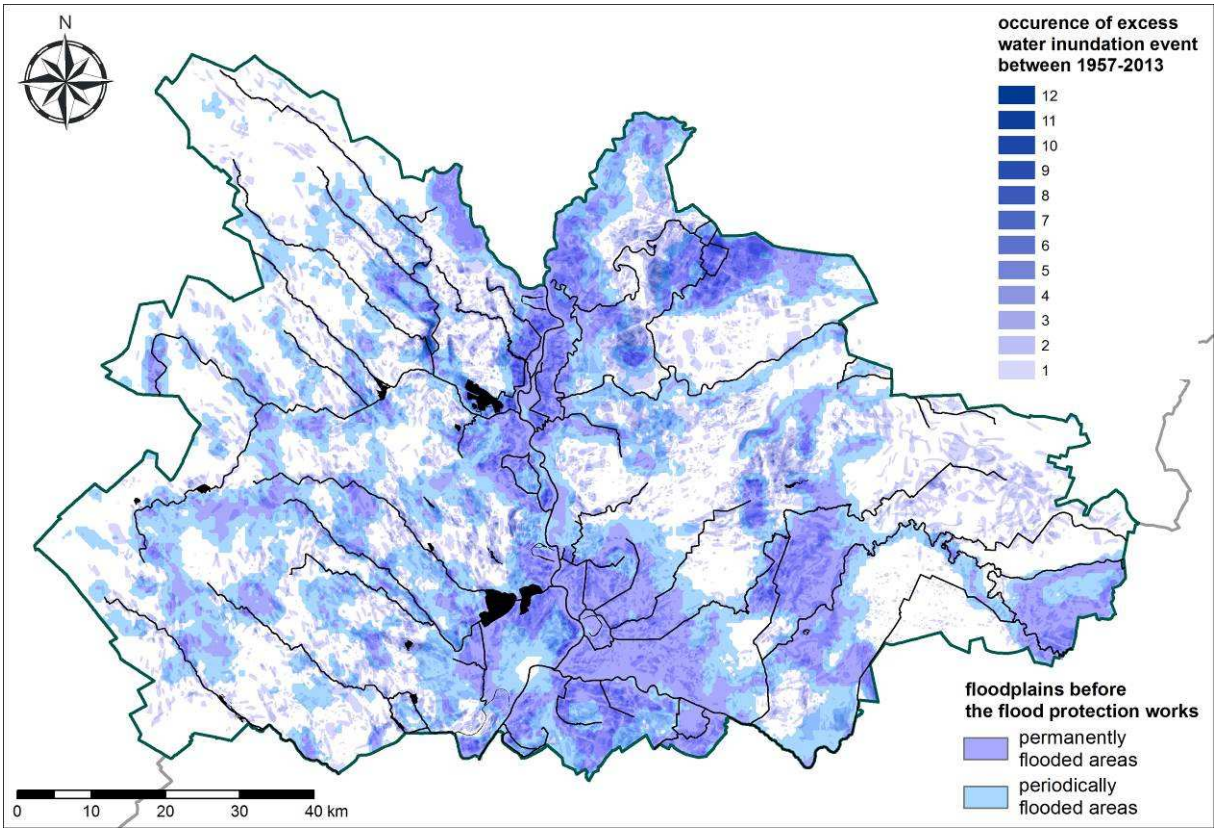


Figure 8: Comparison of inundations by inland water before the drainage works and observed in the period between 1957 and 2010

Based on the figure it can be established that a significant overlap can be observed between the inundation contours. The efficiency of the systems developed for the drainage of inland waters does not sufficiently prevail in this area. Inundations by inland water have not ceased and currently there are not sufficient data available yet for examining the permanence of such inundations. However, in the course of the detailed examination of the inundation maps it is justified to set forth some establishments.

The frequency of inundations by inland water has increased along the tracks of the channels of the inland water drainage systems (**Figure 9**).

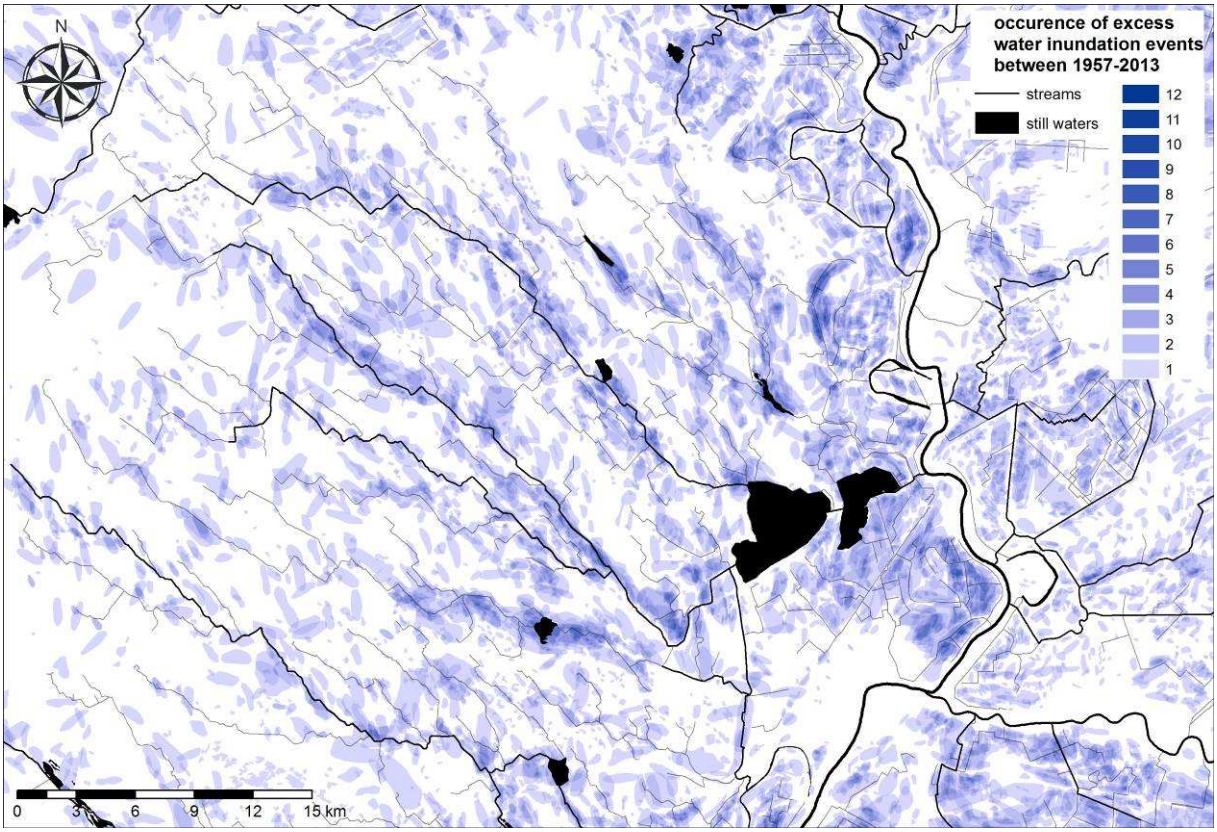


Figure 9

The reasons for this are to be looked for in the calibration and operation conditions of the water drainage systems. The channels have significantly modified the regional development of inundations with inland water. Based on examining the frequency maps it can be established that the frequency values of inundations have grown along the tracks of the channels and, therefore, the inland water drainage network has "transferred" the focus of inundations to the track of the channels.

Examining the gathering process of inland waters it can be established that gathering process "comes to a sudden standstill" at the track of the inland water drainage channels. The gathered body of water can flow into the channel depending on the actual water level of the channel (as recipient). If the channel is unable to receive the waters due to its high water level, such waters will be stored along the track of the drainage channel. The bodies of water exceeding the capacity of the recipient will be stored as long as they are unable to flow into the recipient. The drainage of the gathered waters is determined not by the volume of the water gathered but the condition and fullness (drainage potential) of the recipient. If the volume of the water gathered does not exceed the actual storage capacity of the recipient water system, the recipient is capable of drainage. If the amount of the arriving water exceed the storage capacity of the recipient, the difference between the two volumes will be stored, namely near the estuary points and then starting from the entrance points along the disemboguing channel, running backwards along the streamline.

This process gets mapped also at the estuary pump stations where the water yields exceeding the capacity of the station get stored in the inundations starting from the estuary. Based on the experiences this "forced storage" and the seeping waters originating from the river beds in flood periods determine, in areas next to the river to a more significant extent, the frequent inundations by inland water along the rivers. As a result of the efficient range of seeping phenomena, seeping waters of flood origin can only be observed 100 to 300 metres from the river or the flood protection embankment, respectively; therefore their impact on the frequency of inland waters prevails also in this belt.

In the past 40 years of regional water management the focus of protection against the phenomenon of inland water became shifted towards the acceleration of the drainage of inland waters. When designing

the protection activities the focus, i.e. the soonest possible drainage of the inland waters was determined as a condition to be achieved. As against the inundation by inland water as a volume, increasing the drainage capacity was considered to be followed. In respect of the management of water bodies stored in the volume of inundations by inland water efforts to build reservoirs were taken only in a few cases.

For solving the problems outlined above it is, on the one hand, necessary to collect the changed usages by the owners and the changed land uses. On the other hand, based on the experiences relating to the operation of the inland water drainage system, it is necessary to elaborate new calibration procedures, in which the impacts of the minimal relief drops determining the nature of the area will appear more sharply. The means of numeric modelling can be used as proper tools for this.

From the aspect of the optimal operation of the drainage system the utilisation of the storage possibilities have to be examined both in terms of surface and subsurface storage.

The surface reservoirs currently to be found in the area can only be utilised for emergency storage purposes. It would be justified to increase their capacities, for which it is necessary to construct water discharge facilities required for their operation and, in certain cases, encircling dams, and the financial coverage necessary for the subsequent compensation of the areas used during the inundation has to be ensured. However, in connection with the efficiency of surface storage it has to be remarked that, similarly to the floods' travelling conditions typical of the area, loads arrive at the area in several waves in the course of inundations by inland waters. Due to this detailed inland water wave forecasts similar to those used for floods would be necessary for using the reservoirs. The closeness of monitoring stations required for the aforesaid currently does not enable the preparation of such detailed forecasts.

Another storage-like solution of reducing the loads of inland waters can be related to the water storage capacity of the soil. The higher the effective porosity of the soil, the more water it can store, which, on the one hand, reduces the volume of the load by inland water and, on the other hand, increases the efficiency of agricultural production by increasing the water content of the soil. Having examined the features of the soil in the area it was established that in optimal cases an average of 5.82 km^3 storage potential is available in the soil layers of the area (Kozák, 2013). However, as a result of the plough sole phenomenon developing as a result of inappropriate agrotechnical procedures 12% of the potentially available volume can be used, which, in comparison with the loads by inland water, significantly increases the likelihood of the development of superficial inundations and, in relation to this, of agricultural damages.

Reviewing the scope of problems relating to inland waters, it can be established that simultaneously with the efficient performance of the duties of superficial water drainage and steering and, if necessary, with increasing their capacities, particular attention has to be paid to increasing the storage capacity of the soil, with special focus on eliminating the harmful "plough sole" phenomenon as soon as possible. If the storage capacity of the soil is not increased significantly and on the merits, considerable inundations and damages can be forecasted also in case of future inland water events as the current efficiency of the drainage systems has significant decreased. Their conceptional and operational revision has not taken place, while the boundary conditions of their planning and operation have changed several decades ago.

Bibliography:

Kiss T.– Sipos Gy.– Fiala K. 2002: Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán (Examination of the speed of recent sediment accumulation in the Lower Tisza). Vízügyi Közlemények (Announcements on water management) Vol. 3. pp. 456-472

Kozák, P. 2006: A belvízjárás összefüggései az Alföld délkeleti részén, különös tekintettel a vízkárelhárítás európai igényeire (Relations of inland water regime in the south-eastern part of the

Great Plain, with particular regard to the European demand for avoiding water damages) (doctoral dissertation), SZTE 2006. pp. 12.

Kozák, P. 2006: A belvízjárás összefüggései az Alföld délkeleti részén, különös tekintettel a vízkárelhárítás európai igényeire (Relations of inland water regime in the south-eastern part of the Great Plain, with particular regard to the European demand for avoiding water damages) (doctoral dissertation), SZTE 2006. pp. 18.

Kozák, P. 2006: A belvízjárás összefüggései az Alföld délkeleti részén, különös tekintettel a vízkárelhárítás európai igényeire (Relations of inland water regime in the south-eastern part of the Great Plain, with particular regard to the European demand for avoiding water damages) (doctoral dissertation), SZTE 2006. pp. 24.

Kozák, P. 2013: A belvizek kialakulásának okai, védekezésének feladatai (Reasons for the development of inland waters and tasks of protection against them) (lecture)

Kozák, P. 2013: Belvizek kezelésének lehetőségei az Alsó-tiszai vízgyűjtőkön a 2010/11 és a 2013. évi belvizek tapasztalatai alapján (Possibilities of managing inland waters in the catchment areas of the Lower Tisza, based on the experiences of the inland waters of 2010/11 and 2013) (essay), Travelling Assembly of MHT (Hungarian Hydrological Society) held in Gödöllő.

Skúsenosti s riešením problematiky zmeny potrieb na vodu vo vzťahu k ochrane pred povodňami

Mydla Dušan, Slovenský vodohospodársky podnik š.p. Odštepný závod Košice,
e-mail: dusan.mydla@svp.sk

Abstrakt
Vodná stavba Veľká Domaša bola uvedená do prevádzky v roku 1967 avšak až v období posledného desaťročia čelí novej výzve prameniacej zo zmeny spoločenskej objednávky na vodu.
Na plnenie základných funkcií nádrže významný vplyv mala aj výrazná hydrologická entropia prietokov v tomto období. Hydrologické pomery v povodí nad vodnou nádržou svoju stochastickú povahu naplno preukázali v rokoch 2003,2004,2010,2012.
Prevádzkovateľ vodnej stavby preto prijal sériu opatrení s cieľom zlepšenia funkcionality nádrže vo vzťahu k aktuálnym hydrologickým podmienkam v povodí rieky Ondava. Prijaté opatrenia mali tak operatívny charakter (zmena manipulácie v rokoch 2003, 2011, 2012) ako aj charakter systémových opatrení (prehodnotenie hydrologického režimu nádrže, prehodnotenie zmien akumulačných schopností nádrže a pod.)

Úvod

Spoločenská objednávka potreby vody je kľúčovým aspektom určujúcim smerovanie rozvoja vodného hospodárstva každej kultúrnej spoločnosti. Určuje základné atribúty dlhodobého vodného plánovania a prejavuje sa o.i. aj snahou minimalizácie negatívnych dopadov nerovnomerného rozdelenia množstva tak povrchových ako aj podzemných vôd. Tieto požiadavky boli chápané ako strategický prvok umožňujúci komplexný rozvoj spoločnosti. Pritom výrazným úspechom bola snaha o určenie priorít rozvoja jednotlivých oblastí vodného hospodárstva a voľba symbiotického určenia jednotlivých požiadaviek plynúcich z polohových odlišností jednotlivých regiónov v rámci republiky. Aj keď spôsoby akými sa k dosiahnutiu jednotlivých cieľov dospelo sú z pohľadu dnešných znalostí ponímania spoločnosti diskutabilné, je neodškriepiteľnou skutočnosťou fakt, že riadenie vodného hospodárstva si vyžaduje centralizovaný prístup. O to viac, že riešenie problematiky nedostatku ,na jednej strane a prebytku vody na strane druhej, je procesom dlhodobým a ako taký si vyžaduje konsenzus všetkých zložiek spoločnosti. Predovšetkým v nedávnej minulosti snaha o podporu všestranného rozvoja ľudskej spoločnosti , v 50-tych a 60-tych rokoch minulého storočia, viedla k výstavbe významných vodohospodárskych diel a rozvoju priehradného staviteľstva na území Slovenska.

Vodná stavba Veľká Domaša odzrkadľovala snahu vtedajšieho vedenia štátu o rozvoj industriálnych štruktúr povodia dolnej Ondavy – oblasť Vranova n/Topľou a Strážskeho, ako aj intenzifikácia poľnohospodárskej prvovýroby na dolnom Zemplíne v náväznosti aj na kvalitu potenciálnych závlahových povrchových vôd a podpora energetickej nezávislosti výrobou tzv. čistej energie. Komplexnosť rozvoja vodného hospodárstva v povodí rieky Ondava sa odzrkadlila aj na pomerne slušnom transformačnom účinku nádrže na prechod povodňových prietokov, ktorý bol uvažovaný na hranici 37% návrhovej povodne so strednou pravdepodobnosťou opakovania sa. Existencia tak významnej vodnej nádrže zároveň skýta aj terciálny bonus a to možnosti rozvoja voľno časových aktivít občanov dotknutého regiónu.
Od uvedenia vodnej stavby do trvalej prevádzky v roku 1967, došlo k najvýraznejšej zmene spoločenskej objednávky, a teda konzumentov vody, na plnenie účelov nádrže po roku 1989. Rozhodujúcim bol útlm poľnohospodárstva v 90-tych rokoch 20-teho storočia a taktiež zníženie priemyselnej produkcie u rozhodujúcich odberateľov. Za poslednú dekádu sa priemerný odber vody u všetkých odberateľov pohybuje na úrovni 0,320 m^3/s. Naopak do popredia „spoločenského“ záujmu sa postupne dostávajú pôvodne terciálne účely, čo však nie je z pohľadu hydrológie nádrže vždy prínosom.

V rokoch 2003-2004 a 2011-2012 došlo pomerne krátko za sebou ku kritickému poklesu hladiny v nádrži vodného diela Veľká Domaša, prakticky takmer k úplnému vyčerpaniu zásobného objemu. To podnietilo eminentný záujem verejnosti, najmä obyvateľov obcí v okolí nádrže a prevádzkovateľov rekreačných zariadení na jej pobreží, o činnosť vodného diela a jeho správcu, ktorý vyústil do komplexného preskúmanie problematiky a návrh opatrení na jej riešenie. Vzhľadom na rozsah problematiky a jej multidisciplinárnu zložitosť bol projekt rozdelený do troch oblastí:

- Analýza hydrologického režimu prevádzky vodnej nádrže
- Plnenie základných funkcií nádrže pri zmene Q_{zab}
- Návrh alternatívy zmeny manipulácie

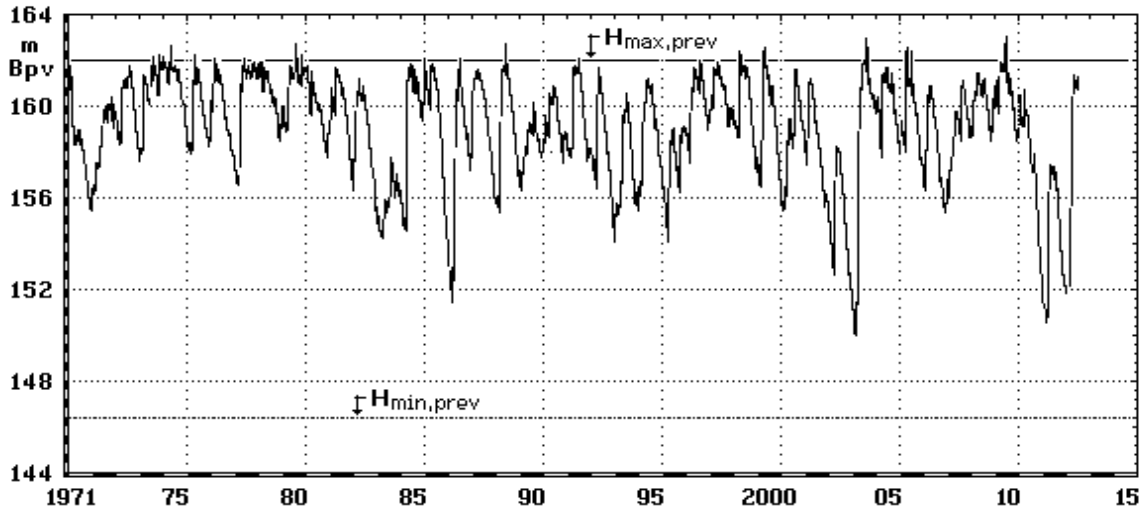
Hlavným cieľom prvej etapy bolo zistiť, do akej miery sa odtokový režim Ondavy a jeho prípadné možné zmeny z dôvodu klimatických zmien podieľajú na súčasnom kritickom vývoji kolísania hladiny v nádrži a aké sú možnosti intervencie zo strany SVP ako správcu a prevádzkovateľa vodného diela na zlepšenie tohto stavu.
Odtokové pomery Ondavy sú kľúčovým a rozhodujúcim činiteľom z hľadiska kapacitných možností doplňovania objemu nádrže. To v konečnom dôsledku limituje aj vodohospodársku bilanciu nádrže a technické možnosti jej zlepšenia.

Osobitný dôraz sa počas riešenia kládol na analýzu odtokových pomerov počas tzv. kritických málo vodných období, t.j. výskytu období s deficitom prítoku voči požadovanému nadlepšeniu (odtoku) a identifikáciu možných príčin týchto úkazov. Súčasne však boli spracované aj podklady k analýze režimu veľkých vôd, ktoré vytvárajú v rámci prevádzky nádrže tzv. spätnú väzbu – nadmerne vysoký stav hladiny v nádrži môže v povodňových obdobiach totiž podmieniť zlyhanie jej retenčnej funkcie a ohrozenie spádovej oblasti toku Ondavy pod nádržou.

Hydrologický režim

Ondava nad nádržou Veľká Domaša je typickým tokom vonkajšieho flyšového pásma, pre ktoré je príznačná predovšetkým extrémna entropia odtokového režimu s prudkými zmenami a veľkým rozsahom kolísania prietokov. Stručne a výstižne možno konštatovať, že na Ondave sa len zriedka vyskytujú obdobia ustálených prietokov v strednom tercile rozpätia – buď je tu sucho, alebo veľké vody. Po dažďoch prietoky prudko stúpajú nad 5-násobok normálových hodnôt a po ich prechode za niekoľko dní klesajú pod 33 % normálu, čo je dané nízkou prirodzenou retenčnou kapacitou flyšového územia. K tomu významne prispieva aj vejárovitá morfológia riečnej siete povodia, podmieňujúca vysokú koncentráciu odtoku .

Extrémne kolísanie prietokov však nie je len krátkodobé, resp. sezónne, ale aj dlhodobé. To je tiež hlavný dôvod existencie nádrže Veľká Domaša, ktorá bola vytvorená práve preto, aby technologicky suplovala nízku prirodzenú regulačnú schopnosť povodia a umožnila tak aj viacročné prerozdeľovanie vodných zásob na ich lepšie hospodárske a komunálne využitie. Uvedená extremalita prietokov sa však zákonite prenáša aj do objemového, resp. hladinového režimu nádrže a vyúsťuje aj v antagonizme požiadaviek na jej spoločenské využitie – čím nižšie sú prietoky Ondavy, tým náročnejšie a rozpornejšie sú požiadavky na využitie zásob vody v nádrži.
Na nasledovnom obrázku č.1 je znázornený priebeh hladín na nádrži Veľká Domaša.



obr. 1.– prehľad vývoja hladín v nádrži Veľká Domaša v rokoch 1971-2013

Protipovodňová ochrana

Protipovodňová ochrana je nenahraditeľnou a skutočne strategickou funkciou VD Veľká Domaša, ktorá má za určitých okolností až medzinárodný význam a súvisí s niektorými bilaterálnymi dohodami o hraničných vodách s Maďarskom počas veľkých vôd na Bodrogu.

Nádrž Veľká Domaša v súčasnosti, resp. podľa posledných meraní z roku 2009 disponuje retenčným priestorom s objemom 20,75 mil.m^3 medzi kótou prahu bezpečnostného priepadu 162,00 m Bpv a maximálnou retenčnou hladinou 163,60 m Bpv. Tento priestor sa však neustále zmenšuje zanášaním nádrže na hornom konci vzdutia prebiehajúcimi intenzívnymi sukcesnými procesmi. Napr. medzi poslednými dvomi zameraniami v rokoch 1992 a 2009 sa zmenšil o 0,91 mil.m^3 a po veľkých vodách v roku 2010 už pravdepodobne nemá ani celých 20 mil.m^3. Problém je v tom, že dominantný prísun sedimentov prebieha práve počas veľkých vôd a tieto sa usadzujú bezprostredne po vtoku do nádrže, kde prudko klesá rýchlosť prúdenia – t.j. na konci vzdutia, ktoré je súčasťou retenčného priestoru.

Počas spracovania štúdie boli podrobne riešená simulačná analýza rokov 2003/2004 a taktiež 2010/2013. Treba poznamenať, že predovšetkým v priebehu roku 2004 bola dosiahnutá historicky minimálna úroveň hladiny dňa 04.02.2004 na úrovni 149,97 m n.m. a zároveň v tom istom roku dovtedajšie prevádzkové maximum dňa 04.08.2004 na úrovni 162,57 m n.m. Táto maximálna dosiahnutá úroveň bola prekonaná v roku 2010.

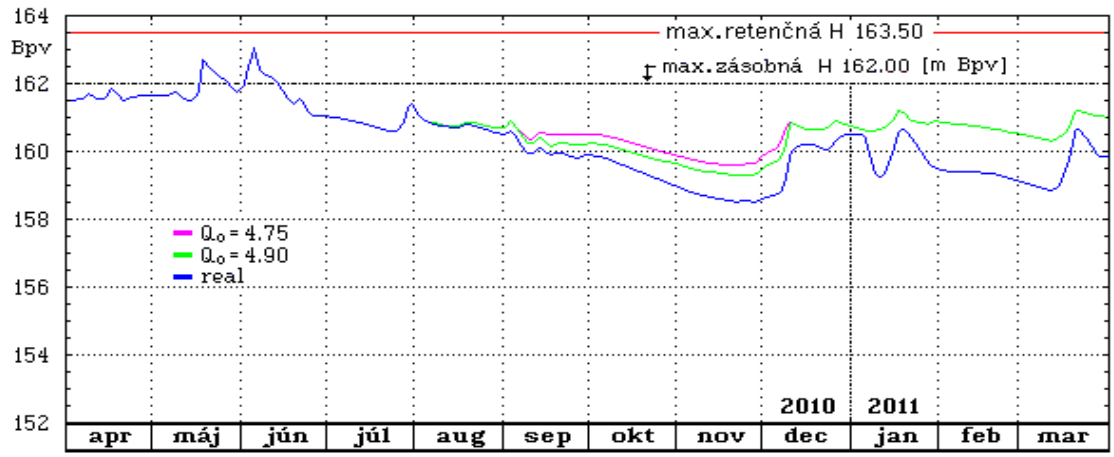
Simulačná analýza kritického vývoja hladín v rokoch 2003-2004

Počiatok kritického vývoja hladín v uvedenom období z vodohospodárskeho hľadiska smeruje do roku 2002, kedy došlo v sledovanom období k poslednému naplneniu nádrže. V roku 2003 na základe zmeny požiadaviek na vodu, snaha o udržateľnosť rekreačnej hladiny 159,50 m n.m. ku 31.08., viedli k zavedeniu úsporného režimu t.j. k zníženiu vypúšťania z pôvodných 5,9 m3/s na 4,9 m3/s. Zníženie predstavovalo prietok, s ktorým sa pri pôvodom návrhu uvažovalo ako odber na poľnohospodárske účely.
V analýze sme sa zaoberali možnými dopadmi na plnenie protipovodňovej funkcie nádrže.
Ďalší poznatok z výsledkov analýz spočíva v tom, že keby sa pristúpilo k úspornému režimu (4,9 m^3/s) už počas roka 2002, dalo sa do zimy ušetriť až 23,6 mil.m^3 a dosiahnuť až o 2 m vyšší stav na počiatku roku 2003. Avšak predmetné zníženie by viedlo v čase nábehu jarných 2004 k tzv. jalovému odtoku o objeme až 30 mil. m3 vody.
Z podrobného rozboru kritickej situácie v rokoch 2002-2004 vyplynul záver, že dlhodobo môže nádrž plne zabezpečiť nadlepšenie na 4,90 m^3/s, ale bez ohľadu na rekreačný režim, t.j. “na doraz” s poklesom hladiny na kótu 152,50 m Bpv v priemere raz za 20 rokov ku koncu leta.

Poznatky z kritického vývoja hladín v rokoch 2010-2013

Dňa 5.6.2010 bola dosiahnutá max. hladina na úrovni 163,11 m n.m.. Maximálny prítok bol zaznamenaný dňa 4.6.2010 na úrovni 290,00 m^3/s a výška kulminačného odtoku predstavovala hodnotu 214,90 m^3/s. Celkový objem povodňovej vlny z obdobia od 17.5.2010 do 20.5.2010 predstavoval hodnotu 26,283 mil.m^3 pričom z tohto objemu sa podarilo stransformovať 9,997 mil.m^3 vody. Počas druhej vlny, ktorá zasiahla nádrž Veľká Domaša v období od 1.6.2010 do 6.6.2010 bolo v nádrži transformovaný objem 8,925 mil.m^3 z celkového objemu 39,078 mil.m^3.

Ako nasvedčujú údaje z grafu na obr. 2, po prvej fáze jarných vôd v marci 2010 bola nádrž naplnená až na kótu 161,50 m n.m. Ako vyplynulo z následných štúdii vykonaných VUVH Bratislava v roku 2013, optimálna úroveň vyčkávacej hladiny je v takýchto situáciách 160,50 – 160,60 m n.m., teda o meter nižšie, čím sa vytvorí doplnková rezerva retenčného priestoru 18,8 mil.m^3 v rámci zásobného priestoru nádrže . To síce MP exaktne nestanovuje, ale je to kritérium optimálnej stratégie regulovania odtoku.
Situácia v období od septembra do decembra 2010 nám umožnila názorne demonštrovať ďalšiu synergickú vlastnosť hladinového režimu. Na obr. 2. sú v tomto období zakreslené aj hladiny dvoch simulačných variantov: zelenou čiarou je zakreslený teoretický vývoj hladiny pri dôslednom dodržaní odtoku 4,90 m^3/s, fialovou variant s nadlepšením 4,75 m^3/s. V týchto prípadoch by sa síce podarilo udržať až o 1 m vyššie hladiny, avšak vplyvom zimných povodní v decembri 2010 by výsledný efekt bol anulovaný t.z. celkový prínos by sa vytratil.
V tejto súvislosti si treba všimnúť, že všetko, čo by sa podarilo do decembra „našetriť“ znížením odtoku na úkor plnenia hlavných funkcií nádrže, sa napokon aj tak bez úžitku stratí pri prechode aj malej povodňovej vlny. V tomto zmysle je šetrenie úplne kontraproduktívne, lebo naakumulovaný objem sa musí vypustiť v čase, keď je to najmenej vhodné – t.j. počas povodňovej situácie na prítokoch Ondavy pod nádržou.

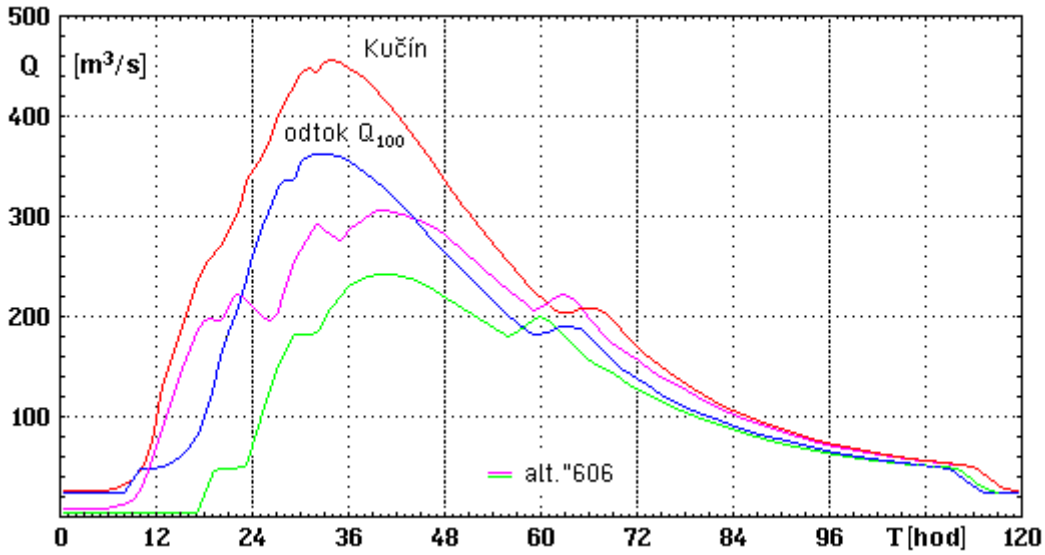


obr.2 vývoj hladín v nádrži Veľká Domaša v roku 2010

Možnosti posilnenia retenčného účinku

Na základe záverov predmetnej analýzy je posilnenie retenčného účinku možno dosiahnuť udržiavaním nižšej hladiny, ako je max. prevádzková, ale so zohľadnením skutočnosti, že sa tým môže čiastočne oslabiť zásobná funkcia nádrže. Z tohto hľadiska sa javí ako optimálna úroveň 160,60 až 161,00 m Bpv, ktorá sa ešte neprejaví významnejším oslabením zásobnej funkcie.
V rámci modelového riešenia boli posudzované stavy nábehu Q100 ročnej povodne pri „štandardnej“ počiatočnej hladiny na úrovni maxima, t.j. kóty 162,00 m Bpv. V tomto prípade hladina vystúpi na 163,56 m Bpv a kulminačný odtok dosiahne 362 m^3/s. Alternatívne sa

riešila aj situácia s počiatočnou hladinou na kóte 160,60 m Bpv. V alternatívnom riešení hladina stúpne na 163,22 m Bpv (o 34 cm nižšie) a odtok dosiahne 244 m^3/s (o 118 m^3/s menej, resp. 33 %). Dopad takejto manipulácie na priebeh povodňovej vlny na rieke Ondava v profile Kučín je znázornený na obrázku č.3.



Obr.3 vplyv odtoku z VS Veľká Domaša na povodňovú vlnu Kučín

Záver

Nádrže majú určitý cyklus prevádzky, ktorý je vymedzený na jednej strane prirodzenými odtokovými pomermi a na druhej strane technickými a prevádzkovými podmienkami, resp. parametrami nádrže. Regulovanie odtoku preto musí mať určitú koncepciu a stratégiu a tieto nemožno meniť „za pochodu“ uprostred cyklu. Prevádzka vodných diel sa musí držať optimálnych, odborne stanovených postupov.
Z podrobných výsledkov štúdie analýzy hydrologického režimu vodnej nádrže Veľká Domaša je zrejmé, že súčasná retenčná funkcia nádrže je nedostatočná a rozhodne treba zvýšiť jej účinnosť. Už v tomto štádiu je jasné, že to nemožno dosiahnuť zvyšovaním prevádzkovej hladiny alebo udržiavaním plnej nádrže.

Zoznam literatúry

HUCKO, P. – BENICKÝ, J. – PATSCHOVÁ, A. – CHALUPKOVÁ, K. – LUTHER, S.: Dopadová štúdia na zmenu manipulačného poriadku VS Veľká Domaša. Záverečná správa č.6961. VÚVH, Bratislava 2010

BENICKÝ, J.: VS Veľká Domaša – analýza hydrologického režimu prevádzky vodnej nádrže. Záverečná správa č.3204. VÚVH, Bratislava 2013

BENICKÝ, J.: VS Veľká Domaša – plnenie základných funkcií nádrže pri zmene nadlepšenia Qz . Záverečná správa . VÚVH, Bratislava 2013

Manipulačný poriadok VS Veľká Domaša. SVP, š.p. – OZ Košice.

EFAS – European Flood Awareness System

Hazlinger, M., SHMÚ Bratislava, michal.hazlinger@shmu.sk
Mikuličková, M.. SHMÚ Bratislava, michaela.mikulickova@shmu.sk

Abstrakt
EFAS – európsky povodňový výstražný systém bol vyvinutý ako nástroj pre včasné varovanie pred nebezpečenstvom povodne v celoeurópskom priestore. Umožňuje vydávať výstrahy na povodne s predstihom 48 hodín až 10 dní. V októbri 2012, po niekoľkých rokoch vývoja, prešiel tento systém do operatívnej fázy. Jedným zo stredísk, ktoré sú zodpovedné za operatívnu prevádzku systému EFAS, je aj Slovenský hydrometeorologický ústav. Počas roka operatívnej prevádzky bolo vydaných niekoľko desiatok hydrologických výstrah pre viaceré povodňové situácie v celej Európe, vrátane veľkej povodne v povodiach Dunaja, Labe a Rýnu počas júna 2013.

Kľúčové slová: EFAS, hydrologická výstraha, povodeň

Abstract
EFAS - European Flood Awareness System was developed as a tool for early warning of the danger of floods throughout Europe. The system allows to issue flood warnings with lead time from 48 hours to 10 days. After several years of development this system passed into the operational phase In October 2012. One of the centres, which are responsible for the operational EFAS is also Slovak Hydrometeorological Institute. During the year of operational service dozens of warnings for several hydrological flood situations across Europe were issued, including the large floods on the Danube, the Elbe and the Rhine in June 2013.
Key words: EFAS, hydrologic warning (Alert, Watch), flood

Úvod

Povodňová hrozba je prírodným javom, ktorý sa dotýka všetkých európskych štátov. Predpovedanie povodňovej hrozby je jedným z hlavných náplní práce národných hydrologických služieb. V prípade povodí, ktoré zasahujú na územia viacerých štátov, je nevyhnutná kooperácia medzi jednotlivými hydrologickými službami. Tá je založená primárne na výmene informácií, najmä podkladových dát do predpovedných systémov, ako sú dáta o zrážkach a prietokoch vo vodných tokoch. Až na výnimky ale po dlhé roky absentovala priama kooperácia na hydrologických predpovedných systémoch. Po katastrofálnych povodiach v roku 2002, ktoré zasiahli podstatnú časť Európy, sa otázka medzinárodnej spolupráce pri predpovedaní nebezpečenstva povodne dostala opäť na program dňa. Výsledkom rokovaní národných hydrologických služieb a výskumných inštitúcií zaoberajúcich sa hydrológiou v rokoch 2003 a 2004 sa napokon stal systém EFAS.

EFAS

Európsky povodňový výstražný systém bol vytvorený a testovaný výskumným centrom JRC – Joint Research Center v kooperácii s ECMWF, MIC a európskymi národnými hydrologickými a meteorologickými službami. Jeho predchodcom bol v období 1999-2003 výskumný projekt JRC s názvom EFFS. Veľké povodne v mnohých európskych povodiach v lete 2002 naštartovali

intenzívnejšie rokovania medzi výskumnými inštitúciami v rámci Európy a medzi národnými hydrologickými službami. Výsledkom rokovaní bola dohoda, na základe ktorej sa na pôde JRC v Ispre vyvíjal systém európskeho protipovodňového varovania.
Systém EFAS nemá ambíciu nahradiť národné hydrologické služby, ale naopak: poskytovať im prídavnú informáciu. Pridaná hodnota tejto informácie spočíva v:

1. použití pravdepodobnostnej ansámblovej predpovede
2. použití dlhodobej predpovede na 10 dní
3. nadnárodnom pohľade na problém povodní v povodiach zahŕňajúcich viacero štátov
4. koordinácii a zlepšenom manažmente medzinárodnej pomoci

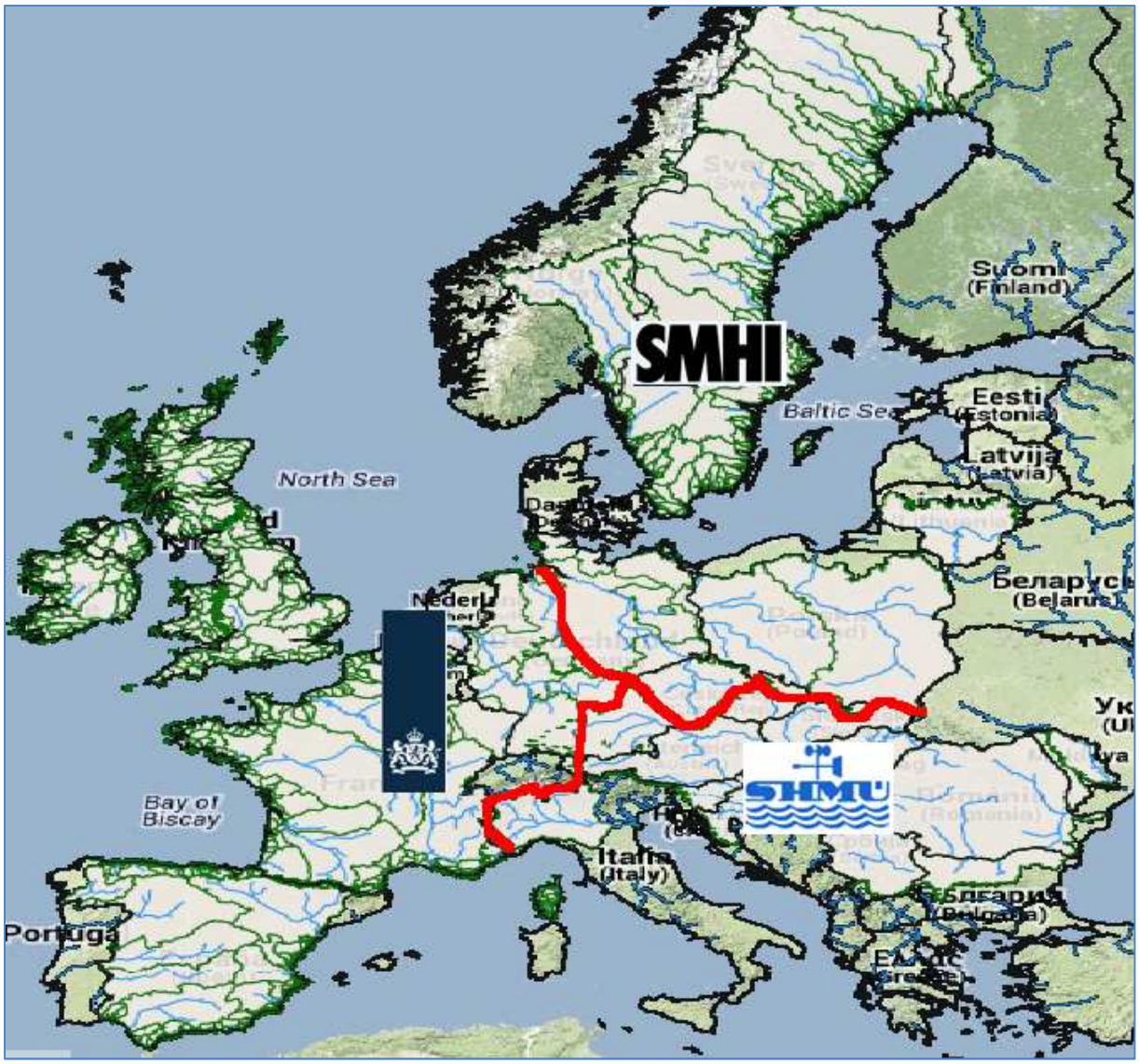
Súčasný status a operatívna schéma systému EFAS

Od roku 2011 je EFAS súčasťou Copernicus emergency management service. V rámci prechodu do plno operatívneho módu bol EFAS implementovaný na pracoviská mimo JRC, ktoré zostalo v pozícii vývojového pracoviska, a od októbra 2012 beží plno operatívne aj na pôde SHMÚ.
V súčasnej podobe EFAS pozostáva z viacerých operatívnych centier.

1. Meteorological Data Collection Centre - ešte stále nie je plno operatívne a stále je etablované na pôde JRC. Úlohou tohto strediska je zber, úprava a archivácia historických a aktuálnych meteorologických dát v Európe.
2. Hydrological Data Collection Centre – prevádzkované konzorciom REDIAM, ELIMCO. Úlohou tohto strediska je zber historických a aktuálnych dát o prietoku a vodnom stave na hydrologických staniciach v rámci Európy
3. Computation Centre_ - prevádzkované ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Je zodpovedné za výpočet predpovedí a prevádzkovanie informačného portálu EFAS – IS slúžiaceho na vizualizáciu výsledkov výpočtov.
4. Dissamination Centre_ - prevádzkované konzorciom troch národných hydrologických služieb Swedish Meteorological and Hydrological Institute – SMHI (Švédsko), Rijkswaterstaat – RWS (Holansko) A SHMÚ. Má za úlohu interpretáciu hydrologických výpočtov, posielanie hydrologických výstrah potenciálne dotknutým národným hydrologickým službám, prípadne iným zodpovedným inštitúciám a komunikáciu s koncovými užívateľmi EFAS-u.

EFAS Dissemination Centre (DC)

EFAS Dissemination Centre dvakrát denne analyzuje produkty EFASu, denne informuje MIC (Monitorovacie a informačné centrum civilnej ochrany prevádzkované Európskou komisiou) a v prípade potreby zasiela výstrahy národným hydrologickým službám – partnerom EFASu. Partneri EFASu sú viazaní tzv. *Condition of Access*, v ktorom sú pravidlá zasielania výstrah zakotvené. V dennej službe sú traja hydrológovia, po jednom z každého strediska, pričom po týždni sa mení tzv. *lead partner* zodpovedný za správny a bezproblémový odchod informácií kompetentným inštitúciam. Na SHMÚ sa v službe EFAS v súčasnosti strieda 8 hydrológov.
Územie Európy je medzi strediskami rozdelené takto (pozri obr.1.):
SMHI: severná Európa – povodie Labe, úmorie Baltského mora, Škandinávia a Dánsko,
RWS: západná a juhozápadná Európa – povodie Rýnu, Francúzsko, Pyrenejský polostrov, Veľká Británia a Írsko,
SHMÚ: juhovýchodná Európa - povodie Dunaja, Pádu a zvyšok Apeninského a Balkánskeho polostrova.



Obr. 1. Povodia patriace do *Condition of Access* (sivobiele). Európa je rozdelená medzi 3 operatívne strediská – SHMÚ, SMHI a RWS
Zdroj: www.efas.eu

Priebeh dennej služby Dissemnination Centre:

- do 8:30 analýza aktuálnej a predpokladanej hydrologickej situácie pre oblasť, za ktorú je DC stredisko zodpovedné, na základe výpočtového behu EFASu z predchádzajúceho dňa z 12:00 UTC a kontrola webových stránok národných hydrologických služieb kvôli monitoringu aktuálnej (prebiehajúcej) povodňovej situácie.
- do 8:45 zostavenie vlastnej časti správy pre MIC, prípadne príprava hydrologickej výstrahy
- 8:45 konzultácia jednotlivých stredísk cez konferenčný hovor
- do 9:30 dopracovanie a odoslanie správy MIC
- do 11:30 zaslanie výstrah národným hydrologickým službám
- do 16:00 analýza výsledkov druhého modelového behu EFASu z 0:00 UTC, prípadne zaslanie výstrah národným hydrologickým službám

V piatok a pred celoeurópskymi sviatkami prebieha ešte poobedná konzultácia (o 14 00 miestneho šasu), na ktorej sa prediskutuje aktuálna a predpokladaná hydrologická situácia. Ak je situácia pokojná, cez víkend slúži iba lead partner.

Analýza EFASu spočíva v kontrole jednotlivých modelových výstupov (napr. prekročenia kritických hodnôt, porovnanie pravdepodobnostných a deterministických výstupov, porovnanie troch posledných behov modelu)
Ak sú splnené určité kritériá, zasielajú sa národným hydrologickým centrám/partnerom EFASu výstrahy.
Existujú 3 typy výstrah:

- EFAS Flood Alert – sa zasiela, ak sú kritériá splnené jednoznačne – t. j. signál nekolíše v čase, výsledky pravdepodobnostných a deterministických modelov sú porovnateľné, povodie má plochu aspoň 4000 km^2 a predstih predpovede je aspoň 48 hodín.
- EFAS Flood Watch – sa zasiela, ak niektoré z vyššie uvedených kritérií nie je splnené.
- EFAS Flash Flood Watch – je špeciálny druh výstrahy na predpokladané extrémne zrážky s možnosťou výskytu prívalových povodní.

Pre jedno povodie a jeden štát sa zasiela iba 1 výstraha daného typu a ďalší priebeh hydrologickej situácie monitoruje už národná služba.
Okrem výstrah je výstupom práce DC správa pre MIC – *MIC Overview*. Skladá sa z troch častí. V prvej je informácia o aktuálnej povodňovej situácii v Európe, ktorá je uverejňovaná v rámci ECHO-Daily Flash (http://ec.europa.eu/echo/news/echo-flash/index_en.htm). V druhej časti sú uvedené platné Alerty. V poslednej časti sú informácie o situáciách, ktoré môžu byť nebezpečné, ale nespĺňajú kritériá na vydanie EFAS Flood Alertu –sú tu platné *EFAS Flood Watches* a *EFAS Flash Flood Watches* alebo informácie týkajúce sa povodí, ktoré nie sú súčasťou EFASu, či iné informácie, o ktorých by mal byť MIC informovaný.

EFAS – vstupné dáta, výpočtový proces, výstupy

Úlohou EFAS-u je distribuovať národným hydrologickým službám výstražné informácie založené na pravdepodobnostných predpovediach s predstihom minimálne 48 hodín. Pre tento účel disponuje systém meteorologickými vstupmi z troch samostatných meteorologických predpovedných služieb, aktuálnymi meteorologickými dátami z cca 5 000 európskych meteorologických staníc a aktuálnymi hydrologickými dátami z viac ako 500 hydrologických staníc. Samotný výpočet prebieha prostredníctvom hydrologického modelu LISFLOOD.
LISFLOOD je distribuovaný model, založený na GIS platforme a obsahujúci aj submodel pre výpočet prúdenia vody vo vodných tokoch (routing). Je špeciálne vyvinutý na výpočet vo väčších povodiach (minimálny výpočtový grid je 900 km^2).
LISFLOOD potrebuje pre svoju prácu viacero priestorových vstupných parametrov, ktoré sú do systému implementované pomocou GIS. Základnými vstupnými dátami sú:

- Topografia
- Riečna sieť
- Krajinná pokrývka (CoRINE)
- Parametre pôd (pôdny druh a hĺbka pôdy)

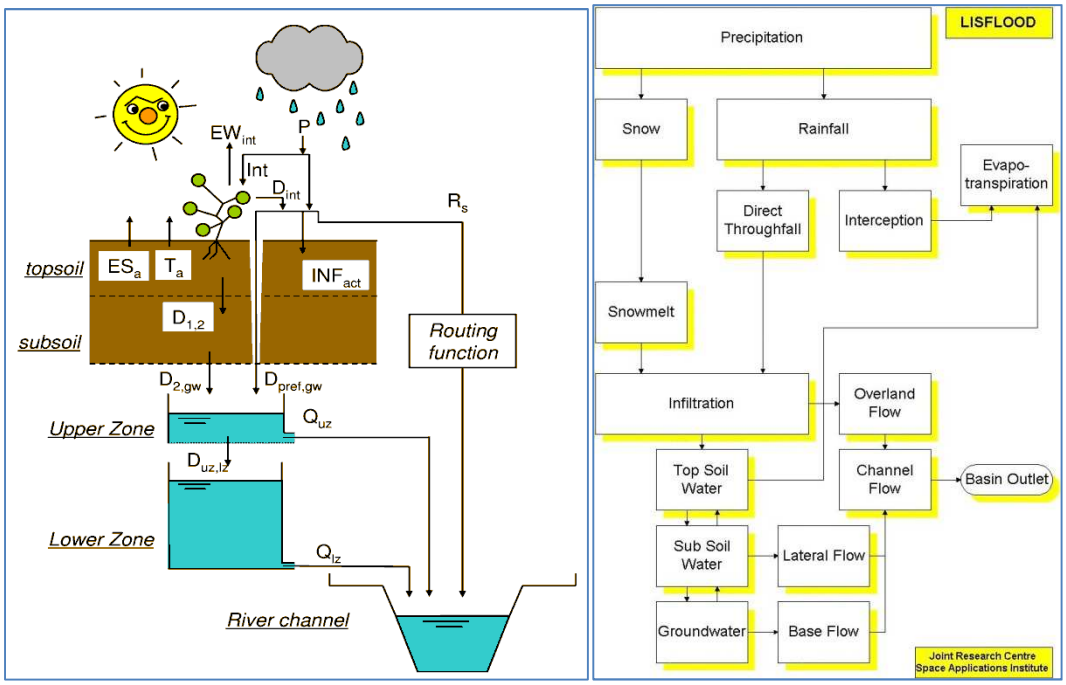
Druhým typom vstupných dát sú časové série. Sem patria:

- Priemerná denná teplota
- Zrážky
- Potenciálna evapotranspirácia
- Prietoky a vodné stavy v hydrologických staniciach

Pre potreby predpovede meteorologickej situácie používa EFAS výstupy z deterministických aj ansámblových meteorologických modelov. Ako deterministický vstup sú použité výstupy DWD a ECMWF. Ako ansámblový vstup sú použité výstupy zo systémom VAREPS a COSMO.

Model	Počet dní predpovede	Počet ansámblov	Priest.rozlíšenie v km
ECMWF	10	1	16
DWD	7	1	7-30
VAREPS	10	51	30
COSMO	5	16	7

Tab 1.: Meteorologické predpovedné vstupy do hydrologického modelu



Obr. 2. Výpočtová schéma modelu LISFLOOD
Zdroj: www.efas.eu

Výpočet modelu prebieha 2 x denne. Výstupom výpočtu je hodnota odtoku v jednotlivých pixloch podkladovej vrstvy. Odtok z týchto pixlov je sústreďovaný do riečnej siete. Systém nepredpovedá priamo hodnotu prietoku v konkrétnych profiloch, ale prekročenie stanovených prahových hodnôt v každom pixli riečnej siete.

Pracuje sa so štyrmi základnými prahovými hodnotami

a) Nízka – približne 1,5 – 2 ročná voda – hladina je vyššia ako normálne, ale nepredpokladá sa inundácia vody
b) Stredná – 2-5 – ročná voda – inundácie sú možné, ale výška škôd zapríčinených povodňou v blízkosti vodných tokov je zanedbateľná
c) Vysoká – 5 – 20-ročná voda – závažná povodeň
d) Veľmi vysoká – >20-ročná voda – veľmi závažná povodňová situácia s vysokým predpokladom veľkých škôd

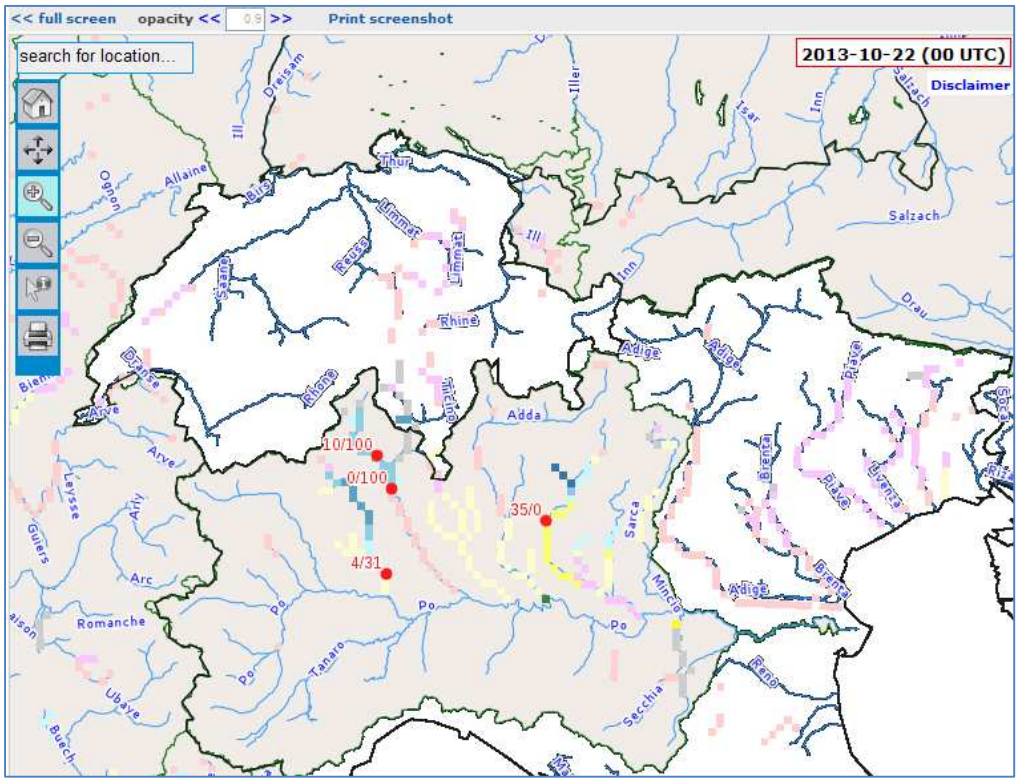
Výstupy výpočtu modelu sú k dispozícii vo forme mapy, grafov a tabuliek.

Mapy sú vizualizované na stránke www.efas.eu. Na pripojenie sa na uvedený odkaz musí mať užívateľ unikátne prístupové konto. Užívateľ si môže zvoliť vrstvy, ktoré chce mať v mape k dispozícii, pomocou roletového menu – Obr. 3



Obr. 3. Výberové roletové menu systému EFAS
Zdroj: www.efas.eu

Priamo v systéme sú k dispozícii výstupy výpočtu vo forme „reporting points“ s vyznačenou pravdepodobnostnou hodnotou prekročenia povodňovej úrovne (pozri Obr. 4.) a vo forme farebného odlíšenia jednotlivých úsekov tokov na základe pravdepodobnosti povodne v týchto úsekoch.
Po zameraní sa na jednotlivé „reporting points“ dostáva užívateľ ďalšie informácie pomocou tabuliek alebo grafov. Tabuľky umožňujú pozrieť si najvyššiu modelom vyrátanú prekročenú úroveň hladiny vody (v jednom aj vo viacerých modelových behoch) a pravdepodobnostnú hodnotu prekročenia jednotlivých hodnôt úrovne hladiny – ukážka na Obr. 5. Pomocou grafov môže užívateľ posúdiť vypočítané hydrogramy odtoku pre jednotlivé reporting points podľa jednotlivých modelových predpovedí – ukážka grafického výstupu je na Obr. 6.

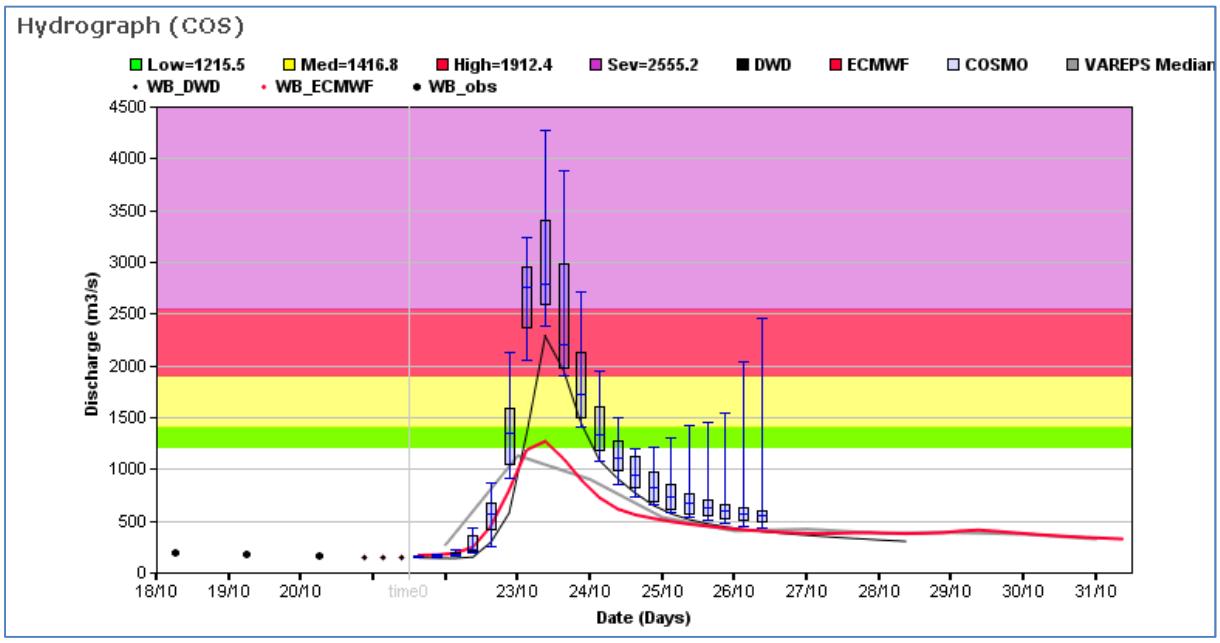


Obr. 4. Mapové výstupy systému EFAS
Zdroj: www.efas.eu

COS > HAL

Forecast Day	19	20	21	22	23	24	25	26
2013-10-19 00:00					44			
2013-10-19 12:00				25	38			
2013-10-20 00:00					31	19		
2013-10-20 12:00				19	56	12		
2013-10-21 00:00					81	81		
2013-10-21 12:00				19	94	19		
2013-10-22 00:00					100	94		6
2013-10-22 12:00				MV	MV	MV	MV	MV

Obr. 5. Tabuľkový výstup systému EFAS s percentuálnou hodnotou prekročenia vysokej úrovne hladiny vody podľa výpočtov ansámblového modelu Cosmo (HAL – high above level)
Zdroj: www.efas.eu



Obr. 6. Grafický výstup systému EFAS. Hydrogram odtoku podľa výpočtov deterministických modelov (červená a čierna plná čiara) a podľa ansámblového modelu Cosmo.
Zdroj: www.efas.eu

Rok prevádzky EFAS DC na SHMÚ

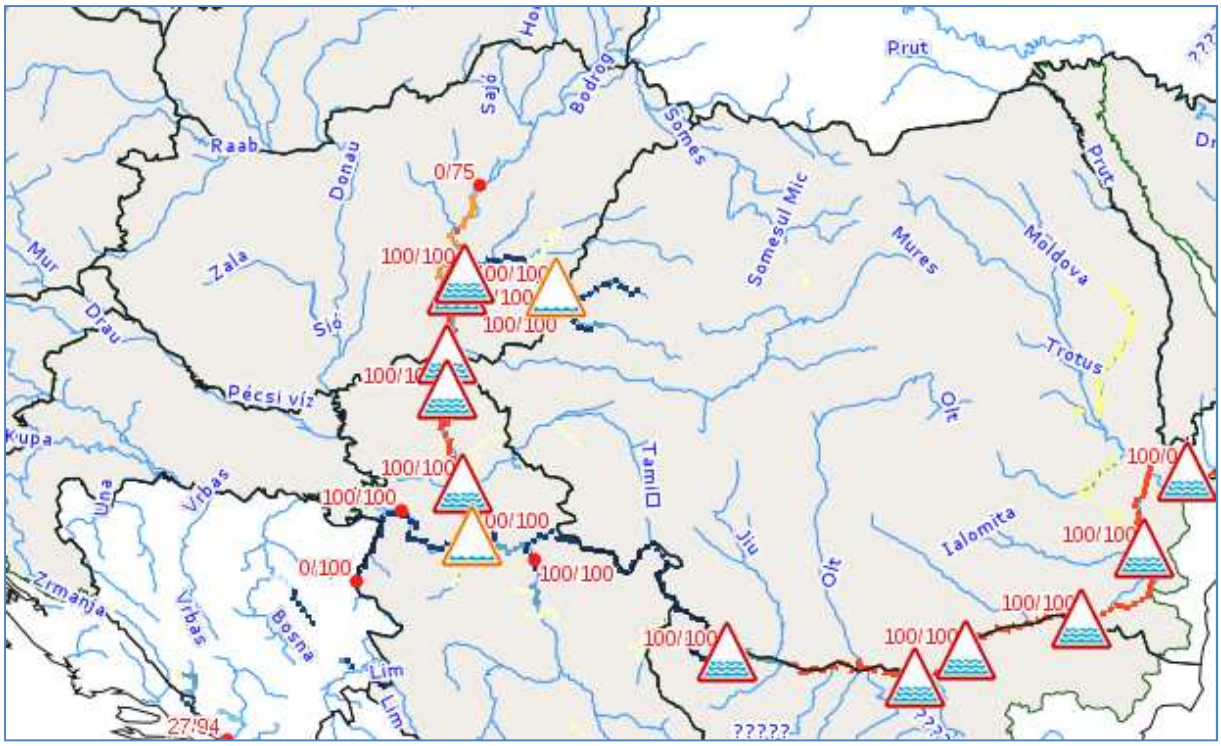
Počas jedného roka prevádzky EFAS DC na pôde SHMÚ bolo vydaných niekoľko desiatok výstrah všetkých troch typov. Do konca novembra bolo vydaných 17 Alertov, 24 Watches a 16 Flash Flood Watches. Počty vydaných výstrah pre jednotlivé krajíny sú v Tab. 2.

Krajina	Alert	Watch	FF watch
Nemecko	2	0	2
Rakúsko	1	1	1
Česká republika	1	0	0
Slovensko	0	1	0
Maďarsko	3	6	0
Slovinsko	0	0	2
Chorvátsko	0	3	1
Srbsko	2	3	1
Rumunsko	5	6	1
Moldavsko	1	0	1
Taliansko	2	3	6
Bulharsko*	4	0	1

Tab. 2. Počty vydaných výstrah systémom EFAS pre jednotlivé krajiny
*- pre Bulharsko nebola vydaná žiadna samostatná výstraha. 3 boli spoločné s Rumunskom a jedna so Srbskom.

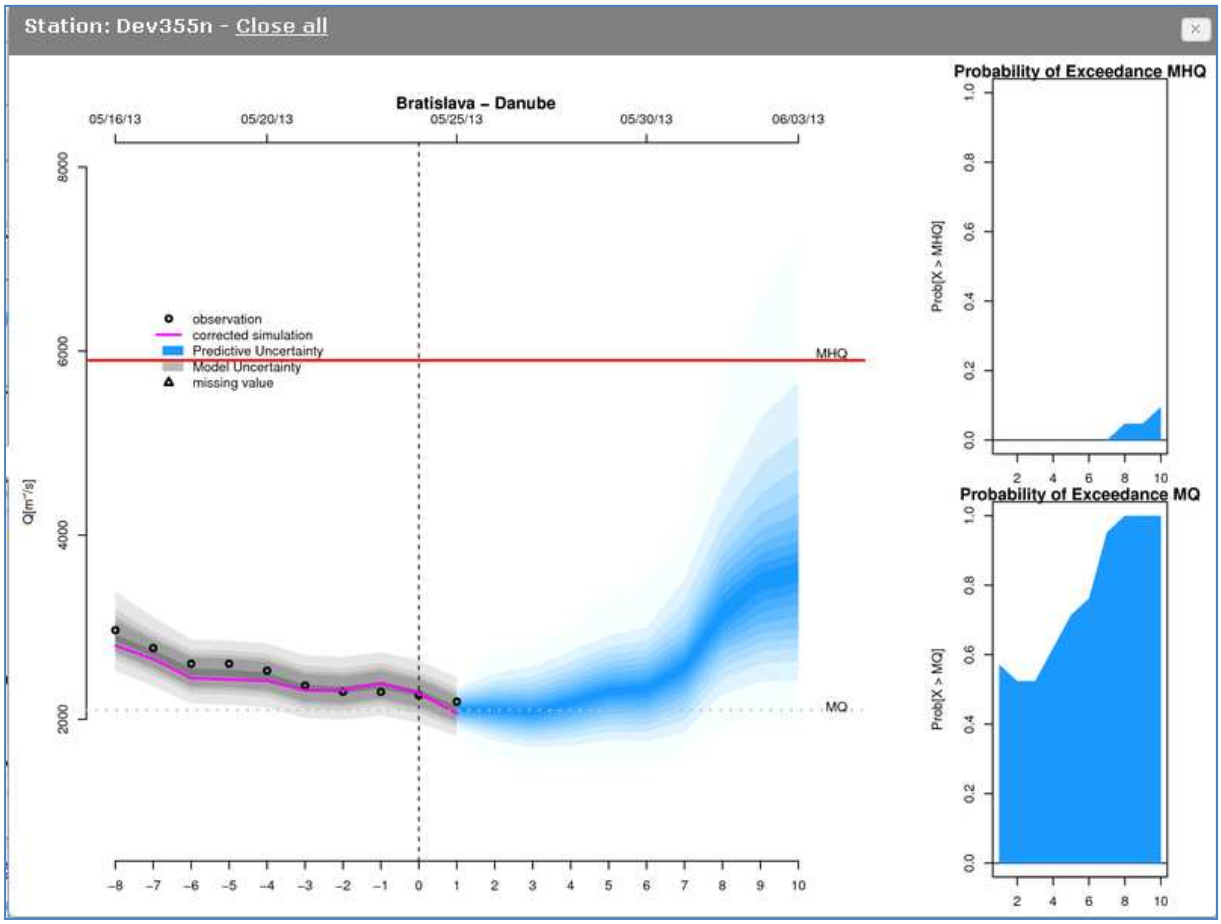
Pri hodnotení počtu výstrah je potrebné si uvedomiť, že mnohé rieky tvoria hranice medzi štátmi a vydaná hydrologická výstraha je v takomto prípade platná pre viacero štátov. Typickým príkladom je rieka Dunaj tvoriaca hranicu medzi Slovenskom a Maďarskom alebo medzi Rumunskom a Bulharskom. V Tab. 2 je takáto výstraha zarátaná iba raz, pričom je priradená ku štátu, ktorý systém EFAS vyhodnotil ako primárny. Výnimku z tohto pravidla tvorí Bulharsko, ktoré sme uviedli v tabuľke napriek tomu, že nebolo v žiadnej výstrahe na prvom mieste medzi adresátmi výstrahy.
Celkovo vydali všetky DC 46 Alertov, 61 Watches a 37 FF Watches. Z tohto pohľadu patria povodia Dunaja a Pádu medzi tie citlivejšie na možnosť vzniku povodňovej situácie, keď na ne pripadá 37% vydaných Alertov, 39% vydaných Watches a 43% vydaných FF Watches .

EFAS počas významných povodní v povodí Dunaja v roku 2013
Počas operatívnej prevádzky EFAS – u na SHMÚ sa v povodí Dunaja vytvorili dve výrazné odtokové situácie, pri ktorých bolo zasiahnuté veľké územie a pri ktorých boli vydané výstrahy systémom EFAS. Prvá výrazná situácia sa vyskytla v marci 2013 a zasiahla predovšetkým povodia Tisy a dolného Dunaja. Druhá situácia sa vyvinula na prelome mája a júna 2013 a zasiahla prakticky celý tok Dunaja s výnimkou dolného úseku.
Povodňová situácia v marci vznikla spolupôsobením topenia sa veľkých snehových zásob a tekutých zrážok. Najzávažnejšia situácia bola v povodiach riek Tisa (najmä na prítoku Crisul / Körös), na Sáve v Chorvátsku a Srbsku a následne aj na hlavnom úseku Dunaja pod zaústením spomenutých riek.
Celkovo bolo povodňami zasiahnutých 5 štátov. Vydaných bolo 11 Alertov a 2 Watch. Prvá výstraha bola vydaná ešte 12.marca pre povodie Crisul / Körös na územiach Maďarska a Rumunska. O zložitosti hydrologickej situácie v tomto povodí svedčí aj to, že bola zrušená až po odoznení povodňového signálu v systéme EFAS – 26. apríla. Pre dolný úsek Dunaja v Rumunsku boli vydané výstrahy 17. marca. Druhá vlna výstrah bola vydaná po krátkodobom ochladení a opätovnom oteplení na prelome apríla a marca, kedy boli pre Maďarsko, Rumunsko a Srbsko vydané ďalšie 4 výstrahy pre povodia riek Körös, Tisa, Begej a Dunaj.



Obr.7. Vydané výstrahy (červený trojuholník flood alert, oranžový flood watch) pre dolnú časť povodia Dunaja v marci 2013

Zdroj: www.efas.eu



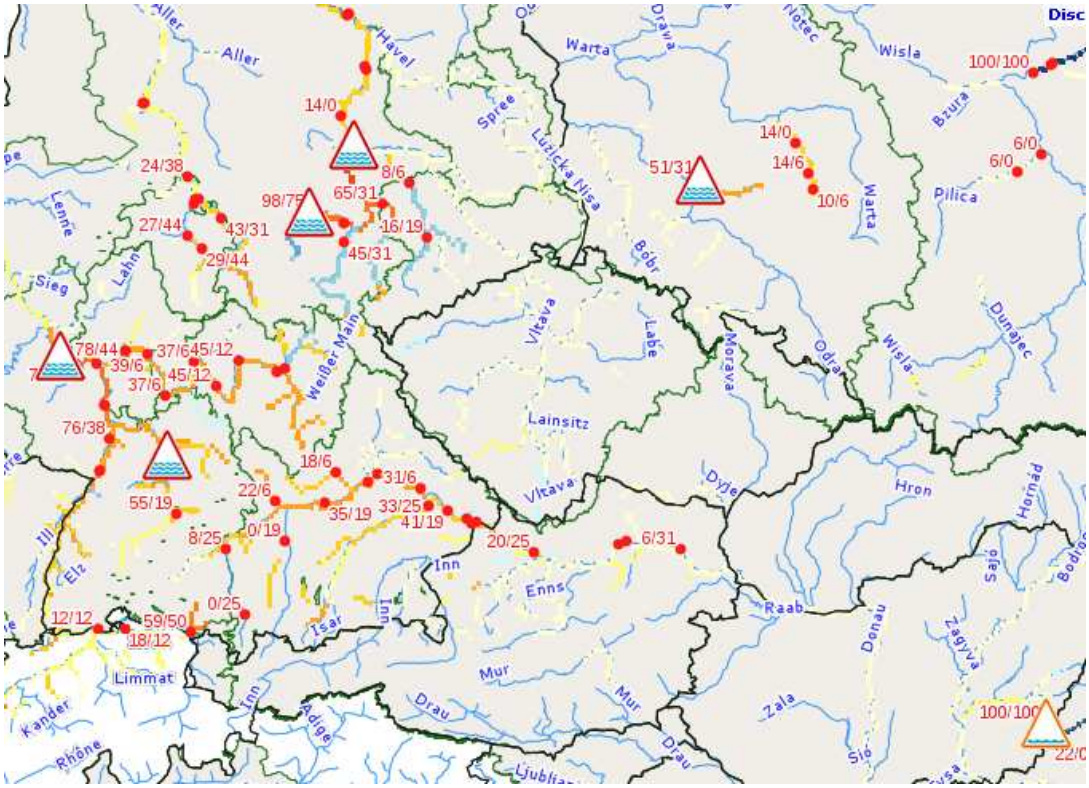
Obr. 8.Výstup systému EFAS pre stanicu Bratislava z dňa 25.5.2013

Zdroj: www.efas.eu

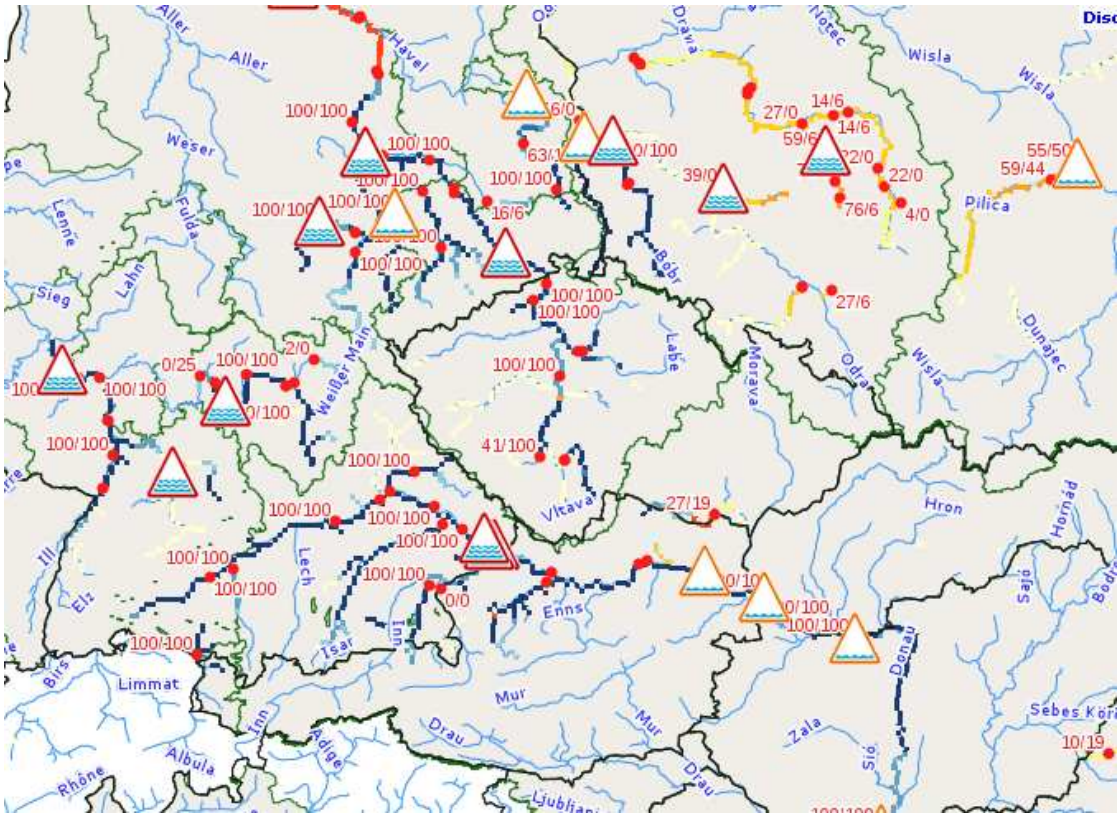
Druhá povodňová situácia na prelome mája a júna zasiahla hornú časť povodia Dunaja, vrátane Slovenska. Bola zapríčinená intenzívnou zrážkovou činnosťou v Alpskej oblasti, najmä v povodí rieky Inn. Prvú možnosť prekročenia výstražnej úrovne pre slovenský úsek Dunaja (Obr. 8.) začal systém EFAS produkovať 25.5. t.j. 10 dní pred kulmináciou povodne v Bratislave. Signál sa začal zintenzívňovať v nasledujúcich dňoch. 29.5. (Obr. 9.) už EFAS signalizoval signifikantnú možnosť významných povodní v hornej časti povodia Dunaja v Bavorsku. Následne boli pre tieto lokality zaslané hydrologické výstrahy.

EFAS je schopný veľmi efektívne vyrátať kritické množstvo priameho odtoku, ale má problémy pri hydrodynamických výpočtoch, kedy spomaľuje povodňovú vlnu a zosilňuje transformačný efekt (vlnu modeluje ako dlhú a relatívne plochú). V dôsledku tejto vlastnosti systému sa povodňové signály pre dolnú úsek Dunaja zjavovali iba pomaly a oneskorene. Vzhľadom k pravidlám vydávania výstrah (pozri vyššie) sme nemohli zasielať „vyšší“ stupeň výstrahy, alert, ale iba ten „nižší“ watch.

Celkovo bolo počas tejto povodne zaslaných 6 výstrah, 2 úrovne alert a 4 úrovne watch pre 5 európskych štátov (Nemecko, Rakúsko, Slovensko, Maďarsko, Srbsko). Povodeň zasiahla aj iné povodia v rámci Európy, najmä v Nemecku, pre ktoré bolo vydaných viacero výstrah úrovne Alert a Watch.



Obr. 9. Predpoveď povodňovej situácie v hornej časti povodia Dunaja v systéme EFAS zo dňa 29.5.
Zdroj: www.efas.eu



Obr. 10. Vydané výstrahy pre hornú časť povodia Dunaja – 5.6.2013
Zdroj: www.efas.eu

Záver

Súčasťou efektívnej ochrany proti povodniam je aj efektívna predpovedná služba. V národnom priestore a s krátkym predstihom je zabezpečovaná jednotlivými národnými hydrologickými službami. Povodne ale nepoznajú štátne hranice a koordinácia predpovedí vo veľkých európskych povodiach zasahujúcich viacero štátov bola až donedávna veľmi náročná a viazaná na bilaterálne zmluvy. Veľké povodne v roku 2002 vyvolali tlak na vývin celoeurópskeho predpovedného hydrologického systému. Výsledkom je systém EFAS (European Flood Awareness System).

Systém je založený na podkladových hydrologických a meteorologických dátach z jednotlivých národných meteorologických / hydrologických služieb a na meteorologických predpovediach z predpovedných systémov ECMWF – det., DWD, VAREPS a COSMO. Výpočet prebieha v prostredí modelu LISFLOOD. Výsledky výpočtov sú vizualizované pomocou webovej platformy EFAS – IS, ku ktorej majú prístup všetci členovia konzorcia EFAS.

Hlavnými prínosmi výpočtu v systéme EFAS je pokrytie celej Európy jednotným predpovedným systémom s veľkou dobou predstihu (2-10 dní), možnosť koordinácie činností v prípade povodní zasahujúcich veľké územie a použitie pravdepodobnostnej (ansámblovej) predpovede.

Od novembra 2012 je EFAS v operatívnej prevádzke. Keďže vývojové centrum JRC nie je uspôsobené na operatívnu prevádzku, prebieha operatíva na pôde vybraných hydrologických služieb v rámci Európy. SHMÚ je spolu so SMHI (SE) a RWS (NL) členom konzorcia zodpovedného za analýzu výsledkov EFAS – u a za zasielanie hydrologických výstrah do centra MIC a dotknutým partnerom.

Počas roka prevádzky systému EFAS na pôde SHMÚ sme museli riešiť viacero závažných povodňových situácií vrátane povodne z prelomu mája – júna 2013 na Dunaji. Celkovo celé konzorcium vydalo počas prvého roka svojej činnosti 143 hydrologických výstrah rôznych druhov, pričom 56 výstrah bolo vydaných pre územie, za ktoré je zodpovedné SHMÚ – povodia Dunaja

a Pádu. Efektivita systému EFAS sa ukázala aj na príklade spomenutej povodne z mája – júna 2013, kedy systém vykazoval možnosť povodňovej situácie už 25.5. teda týždeň pred samotným nástupom povodne v hornej časti povodia Dunaja.

Literatúra:

Bartholmes, J., Thielen, J., Ramos, M. H.: Quantitative analyses of EFAS forecasts using different verification (skill) scores,in: *The benefit of probabilistic flood forecasting on European scale*, edited by: Thielen, J. , EUR 22560 EN, 58–79, 2006.

Bartholmes, J. C., Thielen, J., Ramos, M. H., and Gentilini, S.: The european flood alert system EFAS – Part 2: Statistical skill assessment of probabilistic and deterministic operational forecasts, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13, 141-153, doi:10.5194/hess-13-141-2009, 2009.

Bogner K, Pappenberger F. : Multiscale Error Analysis, Correction and Predictive Uncertainty Estimation in a Flood Forecasting System. *WATER RESOURCES RESEARCH* 47 (W07524); p. 24. JRC56973, 2011.

De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G. and Van Deursen, W.P.A.: Physically based river basin modelling within a GIS: The LISFLOOD model. *Hydrological Processes*, 14, pp. 1981–1992, 2000.

Thielen, J., Bartholmes, J., Ramos, M.-H., and de Roo, A.: The European Flood Alert System - Part 1: Concept and development, *Hydrol. Earth Syst. Sci*., 13, 125–140, 2009, http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/13/125/2009/.

Van der Knijff J.M., J. Younis and A.P.J. De Roo: LISFLOOD: a GIS-based distributed model for river-basin scale water balance and flood simulation. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 24, No.2, 189-212, 2010.

http://floods.jrc.ec.europa.eu/lisflood-model

http://www.efas.eu

http://ec.europa.eu/echo/news/echo-flash/index_en.htm

Trends in precipitation and temperatures series in Eastern Slovakia

Zeleňáková M., Technical University of Košice, Slovakia, martina.zelenakova@tuke.sk
Purcz P., Technical University of Košice, Slovakia, pavol.purcz@tuke.sk
Portela M. M., University of Lisbon, Portugal, maria.manuela.portela@ist.utl.pt
Hlavatá H., Slovak Hydrometeorological Institute, Slovakia, helena.hlavata@shmu.sk
Silva A. T., University of Lisbon, Portugal, artur.tiago.silva@ist.utl.pt
Matos J. P., University of Lisbon, Portugal, jose.matos@ist.utl.pt

Abstract
Most of the recent studies about climate change suggest that the behaviour of some of the hydrological variables has already changed and will continue to change towards increasing or decreasing magnitudes and frequencies, depending on the type of variable. And so, increased rainfall and floods are expected in some regions while other regions will experience smaller rainfall and longer droughts, meaning water scarcity. The trend analysis applied to hydrological time series can contribute to understand the behaviour of those series and to establish connections between such behaviour and the climate change.
The aim of this study was to apply a trend analysis to precipitation and temperature data at selected stations in eastern Slovakia. For that purpose the Mann–Kendall non-parametric statistical test coupled with the Sen'slope estimator were applied to long time series of monthly precipitation and average monthly temperatures. The results achieved for both the precipitation and the temperature revealed more frequent significant increasing trends, thus confirming previous climate studies for the region.

Key words: precipitation, temperature, trend, Mann-Kendall statistical test

Introduction

The Intergovernmental Panel on Climate Change provides a comprehensive review of the potential impacts on the hydrological variables of the man induced climate changes. It states that such changes will likely increase runoff in the higher latitude regions because of increased precipitation; also, the flood frequency is expected to change in some locations and the severity of drought events could also increase as a result of the changes both in precipitation and evaporation. Observations show that changes are occurring in the amount, intensity, frequency and type of precipitation. However, the precipitation behaviour generally exhibit large natural temporal variability, and El Niño and changes in atmospheric circulation patterns such as the North Atlantic Oscillation has a substantial influence (IPCC, 2007). The frequency of extreme temperatures during the summer is likely to be higher. This implies an increased likelihood of thermal stress conditions during the 2050s and more during the 2080s (IPCC, 2012).

Trend analysis applied to hydrological time series is an important and popular tool for better understanding the effects of the climate variation and of the anthropogenic activities. A serious problem in detecting and evaluating trends in hydrologic data is the effect of serial dependence, Cunderlik and Burn (2002). The Mann–Kendall (MK) test, Kendall (1975), Mann (1945), is a rank-based nonparametric test for assessing the significance of trends, and has been widely used in hydro-meteorological trend detection studies (Burn, Hag Elnur, 2002). Hydrological time series in Slovakia were analysed by Komorník et al. (2006), Kohnová et al. (2005), Gaál et al. (2008). The detection of trends in meteorological data is essential for the assessment of the impacts of climate variability and change on the water resources of a region, Sarkar et al. (2012). The major possible effects of climate change may include increased variability in water resources, increased desertification, loss of biodiversity and changes in agricultural productivity, Burlando and Rosso (2002).

This paper addresses the trend detection based on the Mann-Kendall non-parametric test applied to long time series of precipitation and temperature in eastern Slovakia.

Method

In this study, the non-parametric Mann-Kendall test was used to detect trends in time series. This test is widely utilzed in environmental science because it is simple, robust and can cope with missing values and values below a detection limit. The test, that was first propose by Mann (1945) and Kendall (1975), uses the following statistics based on the standard normal distribution (Z), Eq.(1):

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S > 0 \\ 0 & if \quad S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S < 0 \end{cases} \tag{1}$$

in which,

$$S = \sum_{k=}^{n-1} \sum_{k+i}^{n} sgn(x_j - x_k) \tag{2}$$

$$sgn(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & if \left(x_j - x_k\right) > 0 \\ 0 & if \left(x_j - x_k\right) = 0 \\ -1 & if \left(x_j - x_k\right) < 0 \end{cases} \tag{3}$$

$$Var(S) = \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i - 1)(2t_i + 5) \right] /18 \tag{4}$$

where

n is the number of data points,

m is the number of tied groups (a set of sample data having the same value).

According to the Mann-Kendall test, the null hypothesis H0 states that the depersonalized data (x_1, …, x_n) is a sample of *n* independent and identically distributed random variables. The alternative hypothesis H1 of a two-sided test is that the distributions of x_k and x_j are not identical for all $k, j \leq n$ with $k \neq j$. The significance level chosen is α = 0,05 and $Z_{\alpha/2}$ is the value of normal distribution function, in this case $Z_{\alpha/2}$ = 1.95996. Accordingly, the hypothesis H0 – no trend – corresponds to $Z < Z_{\alpha/2}$ and the hypothesis H1 - there is a trend – to $Z > Z_{\alpha/2}$. Positive values of *Z* indicate increasing trends, while negative values of *Z* show decreasing trends.

The magnitude of the trend was quantified by applying the Sen's slope estimator. The Sen's method assumes a linear trend in the time series and has been widely used for determining the magnitude of trends in hydro-meteorological time series Sen (1968); Lettenmaier et al. (1994); Yue and Hashino (2003); Partal and Kahya (2006); Jain et al. (2012). In this method, the slopes (β) of all data pairs are first calculated by

$$\beta = Median\left((x_j - x_k)/(j - k) \right) \tag{5}$$

for i = 1, 2, ..., *N*, where x_j and x_k are data values at time *j* and *k* ($j > k$), respectively and *N* is a number of all pairs x_j and x_k. A positive value of β indicates an upward (increasing) trend and a negative value indicates a downward (decreasing) trend in the time series.

All mathematical relationships (1), (2), (3), (4) and (5) were programmed in Visual Basic in Microsoft Excel 2003.

Study area

The distribution of the monitoring stations for rainfall data is shown in Figure 1 and for temperature data in Figure 2.



Figure 1 – Location, in eastern Slovakia, of 20 climatic stations under study – precipitation data.

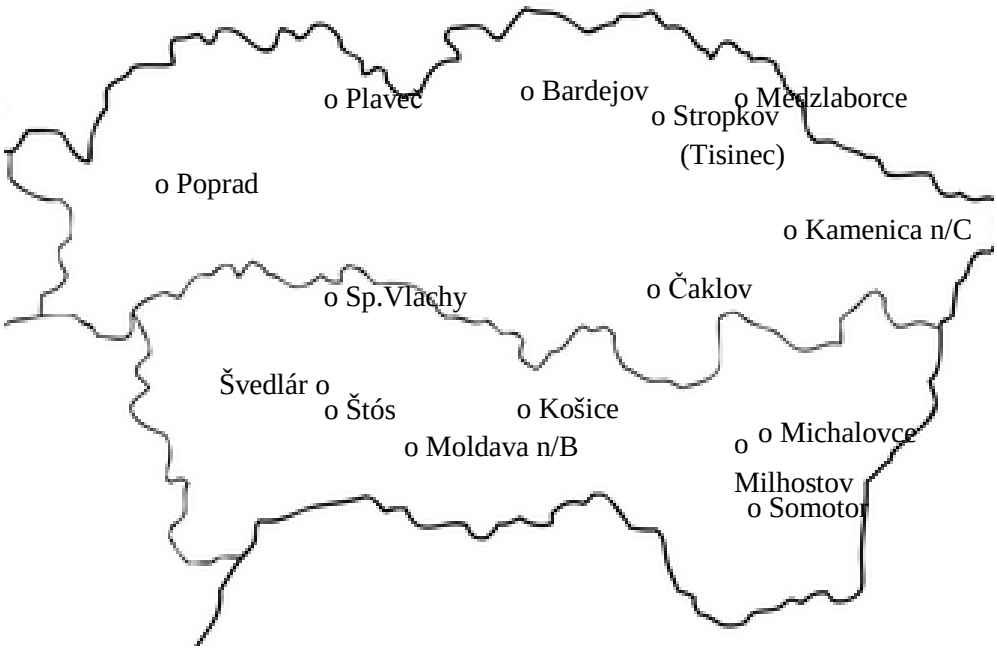


Figure 2 – Location, in eastern Slovakia, of 15 climatic stations study– temperature data.

The region of Slovakia under study is located in the eastern part of the country, particularly in the Bodrog and Hornád river basins. The morphological type of terrain in the Hornád valley is dominated by rolling hills, higher and lower uplands. The southern sub-basin is part of a plain and the Slovakian Karst and is formed by moderately higher uplands. The geological structure of the territory determines the hydro-geological conditions of the basin. The sub-basin of the Hornád valley can be assigned to

areas with a strong predominance of impervious or poorly permeable rock with moderate to low permeability. Well-drained rock with high permeability exists only in the Spiš and Gemer areas and in the Slovakian Karst near Košice Zeleňáková (2009). The Bodrog watershed area, consisting of the Cirocha, Laborec, Latorica, Ondava, Topľa and Uh river basins, is located in two orographic subassemblies, which are the Carpathian Mountains and the Pannonian Basin. The morphological type of the relief is predominantly flat in the southern part, hilly in the northern part. The Bodrog river valley has varied climatic conditions. Precipitations are highly differentiated. The highest annual totals are mainly in the eastern border mountains and Vihorlat where rainfall totals are about 1000 mm. Decrease in total precipitation is quite marked directly to the south, where annual totals fall to below 800 mm. The Michalovce, Lastomír and Medzibodrožie lowlands rank among the driest in the eastern region (550 mm rainfall per year) Zeleňáková and Gaňová (2011).

Data

The monthly data used in the study respected to rainfalls records in the 20 Slovakian rain gages of Figure 1 (30 years, from November 1980 to October 2010) and to the temperature records in the 15 stations of Figure 2 (47 years, from November 1965 to October 2012). Both data were acquired from Slovak Hydrometeorological Institute.

The time span of 30 years that supported the trend analysis in the rainfall in eastern Slovakia satisfies the minimum required length when searching for evidence of climate change in hydroclimatic time-series, as proposed by Burn and Elnur (2002). As per the temperature data, the length of the period analyzed was higher – 47 years.

Results

The results from the Sen´s estimator based on precipitation data from November 1980 to October 2010 are presented in Table 1, either for the hydrologic year (denoted by XI-X) or for the two semesters of that year (first semester and second semester denoted by XI-IV and V-X, respectively).

Table 1 – Sen's estimator from trend analysis in precipitation

No	Station	Annual	Half year	
		XI-X	**XI-IV**	**V-X**
1	Veľké Kapušany	0.024017	0.032292	0.07200
2	Humenné	0.004219	0.000662	0.037903
3	Michalovce	0.022973	0.039583	0.054054
4	Snina	-0.002700	-0.005410	0.011765
5	Svidník	0.018135	0.018750	0.068103
6	Tisinec	0.018974	0.008824	0.100000
7	Horovce	**0.029054**	**0.072650**	0.061538
8	Bardejov	0.013953	0.008824	0.054762
9	Hanušovce	0.011020	0.022764	0.027273
10	Moldava n/Bodvou	0.014198	0.028261	0.022973
11	Turňa n/Bodvou	**0.036813**	**0.065556**	0.082222
12	Spišská Nová Ves	**0.030745**	0.035714	0.098710
13	Spišské Vlachy	0.024306	0.027358	**0.108750**
14	Kysak	0.009486	-0.007640	0.056800
15	Čana	0.024651	0.030769	0.084868
16	Mníšek n/Hnilcom	**0.057214**	**0.088722**	**0.160976**
17	Veľký Folkmár	**0.041694**	**0.055932**	**0.107031**
18	Jakubovany	0.016535	0.001064	0.075229
19	Vyšný Čaj	0.024409	0.041250	0.046237
20	Chmeľnica	0.034146	0.037209	**0.121698**

In the Sen's method, the slopes of all the data points are calculated and their median value is the Sen's slope estimator. The bold values indicate statistical significance at 95% confidence level as per the Mann-Kendall test (+ for increasing trend and − for decreasing trend).

The results of Table 1 show that, as much as the rainfall data is concerned, the Sen's slope showed mainly positive values. Significant positive trend were detected in the stations of Horovce, Turňa nad Bodvou, Mníšek nad Hnilcom, Veľký Folkmár located in the southern part of study area. Such trends point towards an increase of the annual precipitation. For example, in the Mníšek nad Hnilcom rain that increase will be approximately 0.057 mm/year in.

Results equivalent with those of the precipitation analysis were obtained for the temperature based on 47 years of records (from November 1965 to October 2012) and are presented in Table 2 also for the hydrologic year (XI-X) and for the two semesters of the same year (IX-IV and V-X).

Table 2 – Sen's estimator from trend analysis in temperature

No	Station	Annual	Half year	
		XI-X	**XI-IV**	**V-X**
1	1-Štós	**0.003482**	0.004094	**0.006868**
2	2-Somotor	0.002537	0.003158	**0.004285**
3	3-Milhostov	0.003031	0.003600	**0.005723**
4	4-Michalovce	**0.003512**	0.003750	**0.007116**
5	5-Medzilaborce	**0.003403**	0.003752	**0.006939**
6	6-Plaveč	0.001665	0.001347	0.002581
7	7-Stropkov (Tisinec)	**0.003347**	0.004280	**0.006275**
8	8-Poprad	**0.003136**	0.003461	**0.006226**
9	9-Bardejov	0.002685	0.004056	**0.004827**
10	10-Čaklov	**0.003252**	0.003456	**0.006767**
11	11-Moldava n/B	**0.003170**	0.003601	**0.006290**
12	12-Sp.Vlachy	**0.003285**	0.004598	**0.005833**
13	13-Košice	**0.003952**	0.004858	**0.007885**
14	14-Švedlár	**0.003037**	0.004050	**0.005488**
15	15-Kamenica n/C	**0.003315**	0.003814	**0.006649**

In the previous table the bold values indicate once more statistical significance at 95% confidence level. The table shows that all the statistically significant values are positive, denoting increases with statistical meaning in the annual temperature in eleven stations. Almost all the stations exhibit a significant increasing trend in the temperature in the second semester of the hydrological year (summer period). The highest trend relates to the stations – Košice, Michalovce, Medzilaborce, which are urban countryside.

Conclusions

In this paper, the results of trend analysis applied to precipitation and temperature monthly data in eastern Slovakia are presented for the hydrological year (from November to October) and for the two semester of that year (winter and summer). The length of the periods analyzed were 30 years (1980-2010) for precipitation and 47 years period (1965-2012) for temperature. The Mann-Kendall test coupled with the Sen's slope was applied to identity the significant trends, as well as the signal – increasing or decreasing trend – and the magnitude of those trends. It was found increasing trends in both analysed hydrological variables.

Acknowledgments
The research was financed by the Fundação para a Ciência e Tecnologia, FCT, by through the project Proc. 441.00 Eslováquia (Transnational Cooperation. Scientific Cooperation Agreement between Portugal and Slovakia) - SRDA SK-PT-0001-012.

References
Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., and Palutikof, J., 2008. Climate change and water, Tech. rep., Intergovernmental Panel on Climate Change.
Clarke, R. T., 2007. Hydrological prediction in a non-stationary world, Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 408-414, doi:10.5194/hess-11-408-2007
Coles, S., 2001. *An introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*, Springer Netherlands.
Coles, S., and Stephenson, A. (2006). Ismev: an introduction to statistical modeling of extreme values. *Original S functions by Stuart Coles and R port and R documentation files by Alec Stephenson*.
Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G., & Visbeck, M. 2003. The North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact (Vol. 134, pp. 1-279). American Geophysical Union.
Jones, P. D., Jonsson, T., & Wheeler, D. 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland. International Journal of Climatology, 17(13), 1433-1450.
Katz, R. W. 2013. Statistical methods for nonstationary extremes. In *Extremes in a Changing Climate* (pp. 15-37). Springer Netherlands.
Milly, P., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R., Kundzewicz, Z., Lettenmaier, D., and Stouffer, R., 2008. Stationarity Is Dead: Whither Water Management?, Science, 319, 573–574.
Osborn, T. J., Briffa, K. R., Tett, S. F., Jones, P. D., & Trigo, R. M. 1999. Evaluation of the North Atlantic Oscillation as simulated by a coupled climate model. Climate Dynamics, 15(9), 685-702.
R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
Burlando, P. and Rosso, R., 2002. Effects of transient climate change on basin hydrology. 1. Precipitation scenarios for the Arno River, central Italy. *Hydrological Processes*, 16(6), 1151–1175.
Burn, D.H., Hag Elnur, M.A., 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology* 255,107-122.
Climate Change: Working Group I, 2007. *The Physical Science Basis. How is Precipitation Changing?* 2007. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-3-2.html
Cunderlik, J.M. and Burn, D.H., 2002. Local and Regional Trends in Monthly Maximum Flows in Southern British Columbia. *Canadian Water Resources Journal*, Vol.27, No.2.
Gaál, L., Kyselý, J. and Szolgay, J., 2008. Region-of-influence approach to a frequency analysis of heavy precipitation in Slovakia. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 825–839.
IPCC Working Group II, Impacts, Adaptation and Vulnerability. Extreme high temperature and precipitation events. http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=625
Jain, S. K., Kumar, V. and Sahariad, M., 2012. Analysis of rainfall and temperature trends in northeast India. *Int. J. Climatol*. Published online in Wiley Online Library. doi: 10.1002/joc.3483
Kendall, M.G., 1975. *Rank Correlation Measures*. Charles Griffin, London.
Komorník, J., Komorníková, M., Mesiar, R., Szökeova, D. and Szolgay, J., 2006. Comparison of forecasting performance of nonlinear models of hydrological time series. *Physics and Chemistry of the Earth*, 31, 1127–1145
Kohnová, S., Lapin, M., Szolgay, J. and Gaál, L., 2005. Methodology for the selection of 10-day maximum precipitation totals and their statistical analysis in the upper Hron region. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 35(3).
Lettenmaier, D. P., Wood, E.F. and Wallis, J. R., 1994. Hydro-climato-logical trends in the continental United States, 1948–88. *Journal of Climate* 7: 586–607.
Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
Partal, T. and Kahya, E., 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20: 2011–2026.
Sarkar, A., Singh, R. D. and Sharma, N., 2012. Climate variability and trends in part of Brahmaputra river basin. *India Water Week 2012 – Water, Energy and Food Security: Call for Solutions*, New Delhi.

Sen, P. K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association* 63: 1379–1389.
Yue, S. and Hashino, M. 2003. Temperature trends in Japan: 1900–1990. *Theoretical and Applied Climatology* 75: 15–27.
Zeleňáková, M., 2009. Preliminary flood risk assessment in the Hornád watershed. In: *River Basin Management 5*. Southampton: Wessex Institute of Technology, p. 15-24.
Zeleňáková, M. and Gaňová L., 2011. Integrating multicriteria analysis with geographical information system for evaluation flood vulnerable areas. In: *SGEM 2011: 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference*: Sofia: STEF92 Technology, p. 433-440.

Stanovenie spoločenského rizika na základe odhadu strát na ľudských životoch v dôsledku povodní

Gaňová, L., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav environmentálneho inžinierstva, Košice; lenka.ganova@tuke.sk
Purcz, P., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav technológie a manažmentu v stavebníctve, Košice; purcz.pavol@tuke.sk
Zeleňáková, M., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav environmentálneho inžinierstva, Košice; martina.zelenakova@tuke.sk
Satrapa, L., České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, Praha, satrapa@fsv.cvut.cz
Horský, M., České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky, Praha, horsky@fsv.cvut.cz

Abstrakt
Následky povodní neustále poukazujú na skutočnosť, že spoločnosť je povodňami veľmi zraniteľná. Pri jednotlivých povodniach boli zaznamenané nie len značné materiálne škody, ale tiež nie sú výnimočné ani straty na ľudských životoch. Práve straty na ľudských životoch sa javia najmenej preštudovanou oblasťou nielen na Slovensku, ale taktiež v zahraničí. Príspevok za zaoberá návrhom vzťahu/modelu pre odhad mimoekonomických škôd resp. odhadu počtu obetí pri povodniach a výpočtom spoločenského rizika. Návrh modelu je založený na predpoklade, že existuje určitá závislosť medzi počtom usmrtených, počtom postihnutých obyvateľov povodňami a ekonomickými škodami spôsobenými povodňami. Pri návrhu vzťahu sa vychádzalo z dostupných podkladov získaných z historických povodní, ktoré sa vyskytli na území Slovenskej republiky v období rokov 1997-2012.

Kľúčové slová: povodňové škody, straty na ľudských životoch, spoločenské riziko

Úvod

Následky povodní môžu mať mnoho podôb, jedná sa o materiálne škody, zranenia, úmrtia, kontamináciu životného prostredia, úhyn dobytka atď.. Všeobecne je povodňová škoda definovaná v §2 ods. 6) zákona č. 7/2010 Z.z. o ochrane pred povodňami [1].
Celková výška škôd spôsobená povodňami sa používa predovšetkým k medzinárodnému porovnaniu a tak isto vstupuje do štatistík, ktoré sa zaoberajú evidenciou o škodách spôsobených povodňami a ďalšími prírodnými katastrofami. Objektívnu (tzn. úplne presnú) výšku škôd spôsobenú povodňami nie je možné vyjadriť, predovšetkým preto, že významnú časť škôd nie sme schopní oceniť alebo sú oceňovacie techniky natoľko komplikované, že sa od takýchto postupov upúšťa.
Delenie povodňových škôd je možné vykonávať podľa rôznych hľadísk. Jedným z takýchto hľadísk je delenie povodňových škôd na ČAMROVÁ [2]:

a) priame škody,
b) nepriame škody.

Priame škody sú škody spôsobené bezprostredným kontaktom s vodou a môžu sa členiť na:
a1) Vyčísliteľné - sú to najmä reálne škody na majetku, kontaminácia a likvidácia prírodných zdrojov a ďalších hodnôt, ktoré je možné špecifikovať a jednoznačne definovať.
a2) Nevyčísliteľné - škody zahŕňajúce straty na ľudských životoch, škody na kultúrnych objektoch historickej hodnoty, zničenie biotopov a subjektívne škody zo straty na majetku nad rámec objektívne stanovenej vyčísliteľnej škody.
Nepriame škody, zahŕňajú dodatočný vplyv prírodnej katastrofy na spoločnosť a taktiež sa môžu členiť na:

b1) Vyčísliteľné - zahŕňajú stratený zisk jednotlivých výrobcov a obchodníkov, stratu nevyrobenej produkcie, pokles cien na trhu, dodatočné náklady vynaložené na evakuáciu ľudí, materiál a prácu využívanú k riešeniu mimoriadneho stavu spôsobeného povodňou.
b2) Nevyčísliteľné - škody zahŕňajúce výpadky spoločenského života (napr. výučby na školách, práce orgánov verejnej správy), zvýšenie onemocnenia a úmrtia v dôsledku jednorazového psychického a fyzického zaťaženia a pod.

Zo všeobecného hľadiska je možné povodňové škody rozdeliť na ČAMROVÁ [2]:

- Straty na ľudských životoch.
- Škody na životnom prostredí (ekologické škody).
- Škody na majetku (ekonomické škody).

Cieľom príspevku je návrh vzťahu pre výpočet strát na ľudských životoch v dôsledku povodní. Navrhnutý vzťah slúži k stanoveniu priemerného ročného spoločenského rizika, na základe ktorého vieme určiť potrebu realizácie opatrení v ohrozenej oblasti povodňami, vzhľadom na straty na ľudských životoch. Tieto straty sú spôsobené predovšetkým zlyhaním informačných a varovných systémov, alebo nedisciplinovanosťou a individuálnym podstupovaním rizika zo strany jednotlivcov. Počet úmrtí v zaplavenej oblasti závisí predovšetkým na počte obyvateľov žijúcich v tejto oblasti. Prietok vody a zvýšenie hladiny sú povodňové faktory, ktoré môžu byť priamou príčinou úmrtia. Tak isto aj pôsobenie ďalších územných faktorov, napríklad zrútenie budovy z dôvodu pretekajúcej vody, atď. MZe ČR [3].

Analýza historických povodňových udalostí

Z dôvodu riešenia problému negatívnych dopadov povodní na ľudí resp. strát na ľudských životov (SNŽ), bolo nutné analyzovať jednotlivé historické povodňové udalosti. Z dostupných materiálov bola pozornosť venovaná najmä povodniam vyskytujúcich sa v posledných rokoch na území Slovenskej republiky. Získané informácie sú využité pre určenie a kalibráciu vzťahu pre odhad strát na ľudských životoch.

V nasledujúcej tabuľke 1 je spracovaný súpis povodňových udalosti, ktoré sa vyskytli v rokoch 1997-2012 na území Slovenska. Údaje o jednotlivých povodňových udalostiach, boli získané predovšetkým zo správ o priebehu a následkoch povodní na vodných tokoch v Slovenskej republike uvedených na stránke Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky. V tabuľke 1 sú obsiahnuté informácie o počte usmrtených a celkové škody v eurách. Niektoré materiálne škody boli prepočítané na eurá podľa aktuálneho kurzu. Jedná sa o škody z rokov 1997-2007, kedy oficiálnou menou na Slovensku bola Slovenská koruna (Sk).

Tab. 1 Súpis povodňových udalostí v období 1997-2012 v Slovenskej republike

Výskyt povodne [rok]	**Obyvatelia postihnutí povodňami [počet]**	**Usmrtení [počet]**	**Celkové škody [eur]**
1997	-	1	56 482 274,45
1998	10 850	47	33 208 922,53
1999	-	1	152 427 736,84
2000	-	0	40 967 635,93
2001	-	1	65 081 125,94
2002	5881	1	50 644 393, 55
2003	1844	0	1 457 412,20
2004	12434	2	34 913 496,65
2005	2411	0	24 045 974,58

2006	3927	1	47 898 426,61
2007	2277	0	3 637 290,048
2008	10742	2	39 616 672,00
2009	6998	3	8 417 060, 00
2010	44380	4	480 851 663,34
2011	2029	0	20 100 000
2012	140	0	2 435 268,39
Suma	103 913	63	1 062 185 353

Z uvedenej analýzy povodňových situácii je možné konštatovať, že v poslednom desaťročí je Slovensko často postihované povodňami rôzneho rozsahu. Výrazný nárast zrážok na území Slovenskej republiky, po 13 ročnom suchom období v rokoch 1981 – 1994, mal priamy vplyv na zvýšený výskyt povodní od roku 1996. V rokoch 2000 – 2010 boli úhrny zrážok na Slovensku v územnom priemere takmer o 150 mm vyššie než v desaťročí 1981 – 1990. Z analýz meraných hydrologických údajov v období rokov 1993 – 2008 vyplýva, že na území Slovenskej republiky došlo k vyššiemu zadržiavaniu vody, pričom sa dopĺňali podzemné vody a stúpal výpar. Pri hodnotení výskytu povodní na Slovensku je nevyhnutné zobrať do úvahy skutočnosť, že v období rokov 1976 – 1995 bol na Slovensku určitý povodňový útlm, ktorého výskyt priamo súvisel so zníženou zrážkovou činnosťou MŽP SR [4].

Následky povodní neustále poukazujú na skutočnosť, že spoločnosť je povodňami veľmi zraniteľná. Zo 16 hodnotených rokov sa len v 4 rokoch nevyskytol žiaden prípad úmrtia. Za najvýznamnejšiu povodeň vzhľadom na straty na ľudských životoch je považovaná prívalová povodeň v roku 1998, v dôsledku ktorej prišlo o život až 48 ľudí. Najvýznamnejšia povodeň vzhľadom na svoj rozsah a materiálne škody bola povodeň v roku 2010 s celkovými vyčíslenými škodami 480 851 663 eur.

Návrh vzťahu pre odhad strát na ľudských životoch

Postup návrhu vzťahu vychádzal zo základnej filozofie, že existuje určitá závislosť (korelácia) medzi materiálnymi škodami, počtom postihnutých obyvateľov povodňami a stratami na ľudských životoch v dôsledku povodní. Overenie funkčnej závislosti bolo realizované viacrozmernou korelačnou analýzou.

Viacrozmerná korelačná analýza je tvorená všetkými štatistickými metódami, ktoré simultánne analyzujú viac premenných meraných na objektoch, ktoré sú predmetom nášho záujmu. Cieľom je pochopiť alebo identifikovať prečo a ako premenné navzájom korelujú tzn. ako sa navzájom ovplyvňujú STANKOVIČOVÁ a kol., HAIR a kol. [5, 6]. Hodnoty korelačného koeficientu sa pohybujú v intervale od 0 do 1. Čím je hodnota korelačného koeficientu (R) bližšia k 1 tým je korelačná závislosť vyššia. Hodnoty pre korelačný koeficient je možné klasifikovať napr. štyrmi stupňami významnosti PENJA, DOBOŠ [7] (tab. 2).

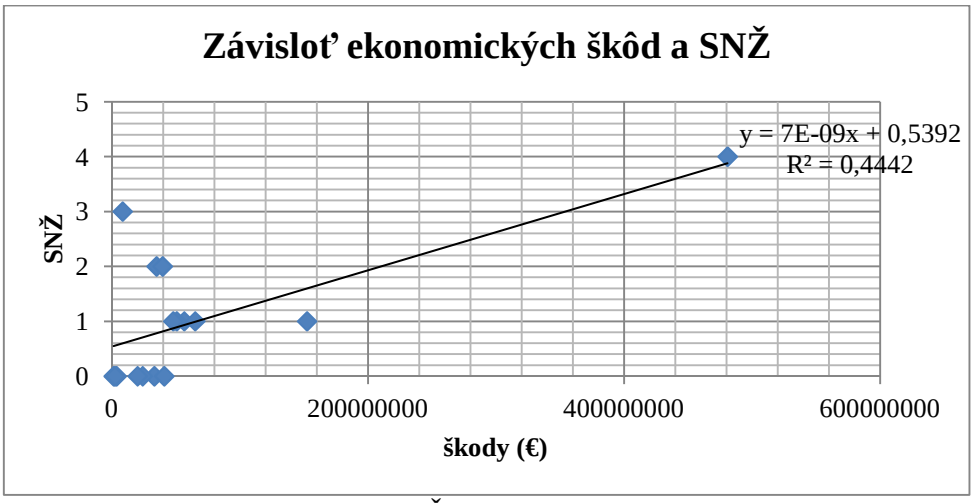
Tab. 2 Stupne významnosti podľa hodnoty korelačného koeficientu PENJA, DOBOŠ [7]

Stupeň významnosti	**Rozmedzie hodnôt (R)**
mierna	0.3 < 0.5
význačná	0.5 < 0.7
vysoká	0.7 < 0.9
veľmi tesná	0.9 < 1

Na základe vypočítaného korelačného koeficientu závislosti medzi SNŽ a ekonomickými škodami (0.66651002) a závislosti medzi SNŽ a počtom postihnutých obyvateľov povodňami (0.78291355) bola zistená význačná resp. vysoká miera závislosti. V ďalšom kroku sme sa zamerali na overenie typu lineárnej závislosti pomocou regresnej analýzy.

Závislosť ekonomických škôd a strát na ľudských životoch

Na obrázku 1 je znázornená závislosť ekonomických škôd a strát na ľudských životoch (SNŽ) pre 15 sledovaných povodňových udalostí. Jedná povodňová udalosť z roku 1998 bola zo závislosti vypustená kvôli extrémnemu počtu usmrtených obyvateľov.

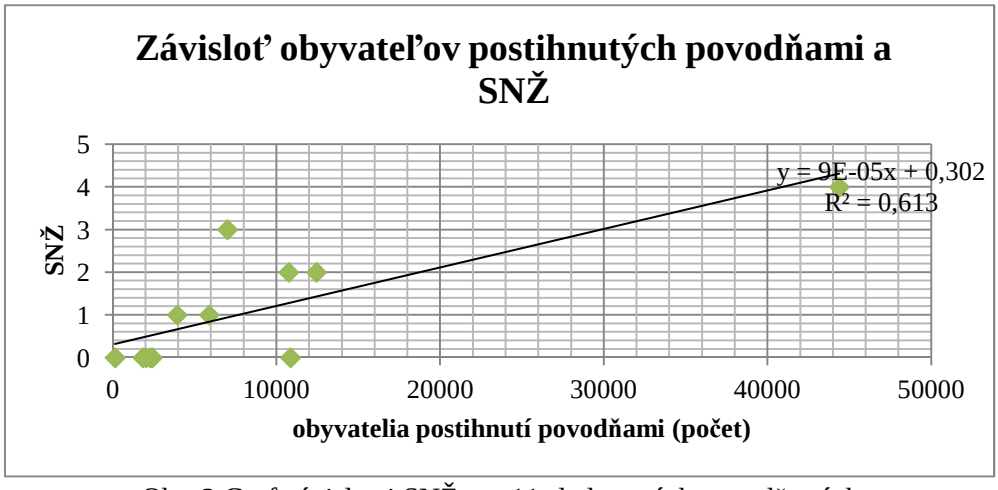


Obr. 1 Graf závislosti SNŽ pre 15 sledovaných povodňových udalostí

Z uvedeného grafu je zrejmé, že existuje lineárna závislosť (regresná priamka) medzi skúmanými veličinami, pričom sa korelačný koeficient rovná hodnote 0.666, čo potvrdzuje významnú mieru závislosti.

Závislosť obyvateľov postihnutých povodňami a strát na ľudských životoch

Na obrázku 2 je znázornená závislosť obyvateľov postihnutých povodňami a strát na ľudských životoch (SNŽ) pre 11 sledovaných povodňových udalostí. Pre povodňové udalosti z rokov 1997, 1999-2011 neboli údaje o počte postihnutých obyvateľov dostupné a povodňová udalosť z roku 1998 bola zo závislosti vypustená kvôli extrémnemu počtu usmrtených obyvateľov.



Obr. 2 Graf závislosti SNŽ pre 11 sledovaných povodňových udalostí

Z uvedeného grafu je zrejmé, že existuje lineárna (regresná priamka) závislosť medzi skúmanými veličinami, pričom sa korelačný koeficient rovná hodnote 0.783, čo potvrdzuje dokonca vysokú mieru závislosti.

Zhodnotenie

Na základe vyššie popísanej korelačnej a regresnej analýzy bol pre výpočet *SNŽ* viacrozmernou (v našom prípade konkrétne dvojrozmernou) korelačnou analýzou navrhnutý všeobecný vzťah v tvare:

$$y = m_1 x_1 + m_2 x_2 + b \quad (1)$$

kde neznáme koeficienty m_1, m_2 a b boli vypočítané v programe Microsoft Excel, ktorý pomocou metódy najmenších štvorcov vypočíta a vráti maticu popisujúcu priamku, ktorá najlepšie zodpovedá zadaným dátam. Táto priamka je definovaná nasledujúcim vzťahom:

$$y = m_1 x_1 + m_2 x_2 + \cdots + b \text{ (v prípade viac oblastí hodnôt } x) \quad (2)$$

kde závislá hodnota *y* je funkciou nezávislých hodnôt *x*. Hodnoty *m* sú koeficienty zodpovedajúce každej z hodnoty *x*, *b* je konštanta.

Po dosadení vypočítaných koeficientov do vzťahu (1) bude mať výsledný vzťah pre výpočet *SNŽ* tvar:

$$SN\check{Z} = 0.00017x_1 + (-0.00752)x_2 + 0.078073 \quad (3)$$

kde:
SNŽ - straty na ľudských životoch,
x_1- počet postihnutých obyvateľov,
x_2 - ekonomické škody (€).

V tabuľke 3 je uvedené porovnanie odhadu *SNŽ* podľa vzťahu (3) so skutočným počtom obetí u analyzovaných povodní.

Tab. 3 Porovnanie skutočných *SNŽ* podľa vzťahu (2) so skutočným počtom obetí u analyzovaných povodňových situácií

Rok výskytu povodne	**Reálne SNŽ (počet)**	**Ekonomické škody (mil. €)**	**Postihnuté obyvateľstvo povodňami (počet)**	**Vypočítané SNŽ podľa navrhnutého vzorca (počet)**	**Absolútna chyba (-)**	**Relatívna chyba (%)**
2002	1	50.6443936	5881	0.697984026	-0.30202	
2003	0	1.4574122	1844	0.380866009	0.380866	
2004	2	34.9134967	12434	1.931205078	-0.06879	
2005	0	24.0459746	2411	0.307530428	0.30753	
2006	1	47.8984266	3927	0.386161924	-0.61384	
2007	0	3.63729005	2277	0.438152003	0.438152	
2008	2	39.616672	10742	1.607962661	-0.39204	
2009	3	8.41706	6998	1.205478335	-1.79452	
2010	4	480.851663	44380	4.014366142	0.014366	
2011	0	20.1	2029	0.272198395	0.272198	
2012	0	2.43526839	140	0.083586714	0.083587	
suma	13			11.32549172	-1.67451	**12.88083**
priemer	1.181818			1.029590156	-0.15223	**12.88083**

Z tabuľky je zrejmé, že navrhnutý vzťah výpočtu veľmi dobre koreluje so skutočnými hodnotami *SNŽ*, čo je viditeľné pri pohľade na stĺpec absolútnych chýb, kde len v jedinom prípade je rozdiel väčší ako 1. Vzhľadom k tomu, že viac údajov v stĺpci *SNŽ* je rovných 0, nie je možné matematicky vypočítať aj relatívnu chybu pre každý riadok zvlášť, je táto chyba určená len v sume (v priemere). Táto

skutočnosť je dokumentovaná v poslednom stĺpci tabuľky, pričom priemerná relatívna chyba nedosahuje ani 13%.

Riziko zo strát na ľudských životoch

Všeobecne môžeme riziko vyjadriť ako súčin pravdepodobnosti výskytu udalosti a dôsledkov týchto udalosti BOUMA a kol. [8], MEYER a kol. [9], KANDILIOTI a kol. [10] :

Riziko = Pravdepodobnosť x Dôsledok

V našom prípade sa jedná o pravdepodobnosť výskytu povodní a nepriaznivých dopadov na životy ľudí resp. straty na ľudských životoch. Riziko je teda možné kvantifikovať odhadovaným priemerným ročným počtom obetí vyvolaným povodňami. Na základe dopadov na ľudské životy je riziko rozdelené na individuálne a spoločenské.

Individuálne riziko

Individuálne riziko je definované ako ročná pravdepodobnosť, že nechránená osoba, ktorá sa vyskytuje na postihnutom mieste, je usmrtená vplyvom pôsobiaceho nebezpečenstva ŘÍHA [11], JONKMAN a kol. [12].

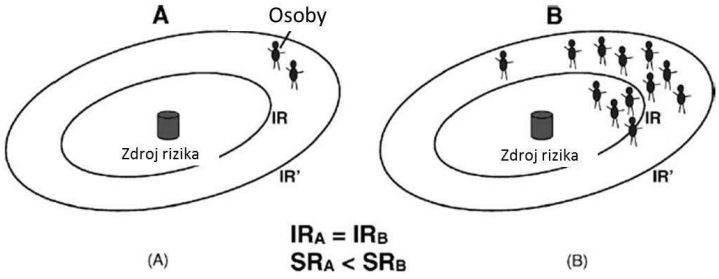
$$IR = P_f P_{d|f} \tag{4}$$

kde:
IR – individuálne riziko,
P_f – pravdepodobnosť nehody,
P_{dlf} – pravdepodobnosť usmrtenia jedinca v prípade nehody.

Spoločenské riziko

Ak je pozornosť zameraná na určité územie a na ohrozené obyvateľstvo, ktoré sa v tejto oblasti nachádza, potom sa hovorí o tzv. spoločenskom riziku. Možno ho vyjadriť ako vzťah medzi frekvenciou vyskytovaného javu a počtom ľudí, ktorí sú vystavení nebezpečenstvu a môžu utrpieť zranenie alebo môžu byť usmrtení. Spoločenské riziko opisuje integrálne počet úmrtí pre celú vymedzenú oblasť ŘÍHA [11].

Rozdiel medzi individuálnym a spoločenským rizikom, je vysvetlený na obr. 3. Obidve situácie majú rovnakú úroveň spoločenského rizika (IR_A, IR_B). Pretože v situácií B je vyššia hustota osôb v zóne ohrozenia, situácia B má vyššie spoločenské riziko JONKMAN a kol. [12].



Obr. 3 Rozdiel medzi individuálnym a spoločenským rizikom

Pozornosť je v tomto príspevku zameraná na širšie územie a na ohrozené obyvateľstvo nachádzajúce sa v zasiahnutej oblasti, teda na spoločenské riziko, ktoré je vyjadrené ako priemerné ročné spoločenské riziko zo strát na ľudských životoch. Matematicky môžeme priemerné ročné spoločenské

riziko zo strát na ľudských životoch zapísať rôznymi spôsobmi JONKMAN [13]. Najjednoduchším spôsobom je využitie strednej hodnoty ročného počtu obetí *E*(*SNŽ*). Pre výpočet priemerného ročného spoločenského rizika je použitý vzorec, ktorý navrhli autori Vrijling, Hengel a Houben [14]. Tí kvantifikujú celkové spoločenské riziko (total risk) resp. priemerný ročný počet úmrtí *E*(*N*) zväčšený o smerodajnú odchýlku *σ(N)* vynásobenú koeficientom averzie *k* voči riziku, ktorý väčšinou nadobúda hodnotu 1 až 3. Ak *k* = 1, potom averzia voči riziku je neutrálna, v prípade hodnoty 2 a 3 je averzia voči riziku zohľadnená JONKMAN [13]. Autori z Holandska VRIJLING a kol. [15] uvádzajú hodnotu *k* = 3, zatiaľ čo v Českej republike bola pre koeficient spoločenskej averzie pre povodne stanovená hodnota *k* = 2 DRBAL a kol. [16]. Takto definované spoločenské riziko, sa niekedy nazýva aj „*averzia voči riziku*“ VRIJLING a kol. [15], ŘÍHA [11].

Pre náš výpočet nadobúda vzťah (5) nasledujúcu podobu:

$$SR_{celk.} = E(SN\check{Z}) + k.\sigma(SN\check{Z}) \quad (5)$$

kde:
$SR_{celk.}$- celkové spoločenské riziko (osoby/rok),
E(SNŽ) – priemerný počet obetí za rok (osoby/rok),
k – koeficient averzie (-) resp. averzia voči riziku (neutrálny postoj alebo sklon k riziku),
σ - smerodajná odchýlka (-).

Prijateľná úroveň spoločenského rizika

Prijateľnosť rizika závisí na sociálnych a politických aspektoch, preto sa hranice prijateľnosti rizika líšia v závislosti od krajiny a druhu činnosti. Stanovenie týchto hraníc je pri hodnotení a zvládaní rizika dôležitou úlohou, nakoľko nám tieto hranice udávajú, či je nutné riziko znížiť na prijateľnú úroveň, resp. či je riziko na prijateľnej úrovni a teda na jeho zníženie nie je potrebné vykonávať žiadne opatrenia VRIJLING a kol. [15].

Prijateľné riziko (*PR*) je možné vyjadriť rovnako ako povodňové riziko pomocou priemerného ročného počtu úmrtí v danej lokalite alebo porovnaním vyjadreným v *F-N* diagrame, ktorý vyjadruje závislosť medzi pravdepodobnosťou prekročenia výskytu udalosti (*F*) a následkami vyjadrenými počtom obetí (*N*) VRIJLING a kol. [15].

Úroveň spoločensky prijateľného rizika by mala byť založená na modeli sociálneho vnímania rizika. Pre určenie prijateľnej úrovne spoločenského rizika je využitá norma stanovená autormi Vrijling, Hengel a Houben [14]. Úroveň prijateľného rizika je v tomto prípade určená na národnej úrovni a je vyjadrená súčinom $\beta.M$, kde β je politický faktor založený na dobrovoľnosti jedinca (tab. 4) a *M* je priemerný akceptovateľný počet obetí pri povodní za rok. Treba poznamenať, že hodnotu β je treba voliť pre každú ohrozenú skupinu, ktorá sa líši vo svojom vzťahu k nebezpečenstvu. Napríklad záchranári a ohrození obyvatelia vnímajú a primajú riziko odlišným spôsobom. Zatiaľ čo záchranári prijímajú riziko povodní dobrovoľne, ohrození obyvatelia v ohrozených oblastiach sú riziku vystavení nedobrovoľne.

Tab. 4 Hodnoty politického faktora β v závislosti na dobrovoľnosti

β	**Stupeň dobrovoľnosti**
100	úplne dobrovoľný
10	dobrovoľný
1.0	neutrálny
0.1	nedobrovoľný
0.01	úplne nedobrovoľný

Hodnota *M* je špecifická pre každú krajinu. Autori Vrijling, Hengel a Houben [14] uvádzajú hodnotu 100 ako priemerný akceptovateľný počet obetí pri povodni za rok. V tomto parametri sú započítané ukazovatele ako výskyt nebezpečenstva v krajine, stav záchranného systému, veľkosť a hustota populácie, atď.. V Slovenskej republike nie je táto hodnota pre prírodné povodne legislatívne ani v národnom merítku vymedzená. Podkladom pre návrh tohto parametra je skutočný počet obetí, vyplývajúci z analýzy historických povodní v období rokov 1997-2012. Priemerný akceptovateľný počet obetí za rok je teda vypočítaný podľa nasledujúceho vzťahu (6):

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{16} SN\check{Z}_{skutoč.}}{\sum roky} \quad (6)$$

kde:
M – priemerný akceptovateľný počet obetí za rok (osoby/rok),
$SN\check{Z}_{skutoč.}$ – počet skutočných obetí v jednotlivých rokoch (osoby),
roky – suma analyzovaných rokov (16).

Pre povodne v Slovenskej republike je na základe vzťahu (6) odvodená hodnota priemerného akceptovateľného počtu obetí za rok $M \sim 4$ osoby/rok.

Pre určenie prijateľnej úrovne rizika sa predpokladá, že všetky obete sa povodne zúčastnili nedobrovoľne, preto politický faktor β nadobúda hodnotu 0.01. Výsledná hodnota úrovne prijateľnosti rizika v Slovenskej republike pre povodne je *PR* = 0.03975 (osoby/rok) (tab. 5).

Tab. 5 Výpočet hodnoty prijateľného rizika *PR* (osoby/rok) v Slovenskej republike pre povodne

	$SN\check{Z}_{skutoč.}$ **(osoby)**	**Počet analyzovaných rokov**
	63	16
***M* (osoby/rok)**	(63/16) 3.9375	
politický faktor β (-)	0.01	
***β* *M**	0.01*3.9375	
***PR* (osoby/rok)**	**0.03975**	

Výsledná hodnota *PR* vyjadruje prijateľný ročný počet strát na ľudských životoch vzniknutých počas jednej povodňovej udalosti v rámci Slovenskej republiky.

Porovnanie prijateľného rizika s celkovým ročným spoločenským rizikom

Pri porovnaní prijateľného rizika (*PR*) s celkovým ročným spoločenským rizikom ($SR_{celk.}$) je opäť využitý postup navrhnutý autormi Vrijling, Hengel a Houben [14], ktorý uvádzajú, že $TR < \beta.100$ pričom $TR = E(N) + k.\sigma(N)$.

Pre porovnanie prijateľného rizika *PR* s celkovým ročným spoločenským rizikom SR_{celk} v Slovenskej republike nadobúda vzťah nasledujúcu podobu (7), (8), (9):

$$SR_{celk.} < PR \quad (7)$$

$$E(SN\check{Z}) + k.\sigma(SN\check{Z}) < \beta.M \quad (8)$$

$$E(SN\check{Z}) + k.\sigma(SN\check{Z}) < 0.03975 \text{ (osoby/rok)} \quad (9)$$

Na základe porovnania týchto hodnôt, vieme určiť aký je existujúci stav hodnotenej lokality v prijateľných úrovniach priemerného ročného spoločenského rizika.

Záver

Povodne sú extrémnym prírodným javom, ktorý v ľuďoch oddávna vzbudzoval rešpekt. Hľadať a nájsť prijateľný kompromis medzi osídľovaním území pozdĺž vodných tokov a súčasným zabezpečovaním ochrany ľudí, ich obydlí a majetku pred povodňami je úlohou, ktorú sa snaží človek riešiť už po stáročia. A aj napriek tomu ostáva veľmi aktuálnym problémom CHLAPÍK [17]. Bezpečnosť obyvateľstva, spoločnosti a štátu je možné definovať ako stav, kedy sú odstránené alebo minimalizované riziká a z nich plynúce ohrozenia.
Cieľom príspevku bol návrh vzťahu pre odhad strát na ľudských životoch v dôsledku povodní, založený na predpoklade, že existuje určitá závislosť medzi počtom usmrtených, ekonomickými škodami a počtom obyvateľov postihnutých povodňami. Overenie funkčnej závislosti bolo realizované viacrozmernou korelačnou analýzou, kde hodnoty korelačného faktora potvrdili významnú resp. vysokú mieru závislosti. Overenie typu lineárnej závislosti bolo vykonané pomocou regresnej analýzy, na základe ktorej bolo zistené, že medzi skúmanými veličinami (*SNŽ* - ekonomické škody, *SNŽ* - skutočný počet obyvateľov postihnutých povodňami) existuje lineárna závislosť. Následne bol dvojrozmernou korelačnou analýzou pre výpočet *SNŽ* navrhnutý všeobecný vzťah, ktorý vstupuje do výpočtu celkového ročného spoločenského rizika $SR_{celk.}$. Strategickým cieľom je porovnanie ročného spoločenského rizika so stanovenou hodnotou prijateľného rizika PR = 0.03975 (osoby/rok), a teda zistenie úrovne prijateľnosti spoločenského rizika v riešenej lokalite.
Predmetom ďalšieho výskumu je aplikácia stanovenia počtu obetí a vyjadrenie celkového spoločenského rizika v konkrétnej lokalite.

Poďakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja SK-PT-0001-12.

Zoznam literatúry

[1] Zákon NR SR č. 7/2010 Z.z. o ochrane pred povodňami.
[2] ČAMROVÁ, L. a kol. :Povodňové škody a nástroje k její znížení. Fakulty národohospodářské, Vysoká škola ekonomická v Praze. IEEP. Praha. 2006. ISBN 80–86684–35–0.
[3] Ministerstvo zemědělství Český republiky: Posílenírizíkové analýzy a stanovení aktivních zón v českem vodním hospodářství. 2004. Dostupné na internete: <http://eagri.cz/public/web/file/16369/posileni_rizikove_analyzy.pdf>.
[4] Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky: Analýza stavu protipovodňovej ochrany na území Slovenskej republiky. Súhrn výsledkov analýzy. Dostupné na internete: <http://www.minzp.sk/files/sekcia-vod/vlastny_material-analyza_stavu_ppo_na_uzemi_sr.pdf>.
[5] STANKOVIČOVÁ, I., VOJTKOVÁ M.: Viacrozmerné štatistické metódy s aplikáciami. 1. vyd. Bratislava: IuraEditon, 2007.
[6] HAIR, J. F.: Multivariate Data Analysis (5th ed.). London atd.: PrenticeHallInt, 1998.
[7] PENJA, V., DOBOŠ, J.: Matematika IV. Edičné stredisko VŠT Košice, 1991, s. 229. ISBN 80-7099-067-8.
[8] BOUMA, J.J., FRANCOI, D., TROCH, P.: Risk assessment and watermanagement. In: Environmental Modelling & Software, Volume 20, Issue 2, February 2005, pp. 141-151.
[9] MEYER, V., SCHEUER, S., HAASE, D.: A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany. In: Natrual Hazards, Volume 48, Issue 1, January 2009, pp. 17-39.
[10] KANDILIOTI, G., MAKROPOULOS, Ch.: Preliminary flood risk assessment: the case of Athens. In: Natural Hazards, Volume 61, Issue 2, March 2012, pp. 44-468 .
[11] ŘÍHA, J. a kol.: Riziková analýza záplavových území, Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, Sešit 7, Akademické nakladatelstí CERM, Brno, 2005.

[12] JONKMAN, S.N., GELDER van P.H.A.J.M, VRIJLING, J.K.: An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage. In: Journal of Hazardous Materials, Volume 99, Issue 1, 2003, pp. 1-30.
[13] JONKMAN, S.N.: Loss of life estimation in flood risk assessment. Theory and applications. Disertation. Delft University of Technology, 2007.
[14] VRIJLING, J.K., VAN HENGEL, W., HOUBEN, R.J.: A framework for risk evaluation. In: Journal of hazardous materials Volume 43, Issue 3, 1995, pp.245-261.
[15] VRIJLING, J.K., VAN HENGEl, W, Houben, R.J.: Acceptable risk as a basis for design. In: Reliability Engineering & System Safety, Volume 59, Issue 1, January 1998, pp. 141-150.
[16] DRBAL, K. a kol.: Mapy rizik vyplývající z povodňového nebezpečí v ČR. Závěrečná zpráva. Brno, 2011.
[17] CHLAPÍK, D.: Racionálna interakcia územného a vodného plánovania je nevyhnutná. Manažment povodí a povodňových rizík. In: Zborník príspevkov: Častá-Papiernička, December 2011, VÚVH, 2011

Projekt SEERISK – Spoločné hodnotenie a manažment rizika prírodných katastrof a pripravenosť v dunajskom makro regióne
Project SEERISK – Joint Disaster Management Risk Assessment and Preparedness in the Danube Macro-region

Autori: Mikuličková M., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, michaela.mikulickova@shmu.sk,
Švec M., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, marek.svec@shmu.sk
Wendlová V., Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, valeria.wendlov@shmu.sk

Abstrakt:
Hlavným cieľom projektu je zlepšiť súdržnosť a súlad medzi rizikami a ich hodnotením pre krajiny na národnej aj miestnej úrovni, a to najmä v prípade katastrof, ktoré sú ovplyvňované zmenou klímy. Projekt nadväzuje na závery Rady EU o "Rozvoj hodnotenia rizík pre prírodné katastrofy v rámci Európskej únie ", prijatej v marci 2011 na základe výzvy EC, ktorá sa usiluje o spoločný prístup a harmonizáciu v oblasti prevencie prírodných, ako aj človekom spôsobených katastrof. EC vyzvala, aby sa vykonala do konca roka 2012 príprava na túto medziodvetvovú problematiku a prehľad hlavných prírodných a človekom spôsobených rizík s prihliadnutím na budúci možný vplyv zmeny klímy.
SEERisk je zameraný na dva hlavné ciele: zlepšenie metód hodnotenia rizika a zlepšovanie spoločnej pripravenosti s cieľom posilniť povedomie a účinnosť opatrení v mimoriadnych situáciách spôsobených zmenou klímy.
The main objective of this project is to improve the coherence and consistency between risks and their assessment for the countries at national and local level, especially in the case of disasters, which are influenced by climate change. The project follows on the conclusions of the EU Council on the "Development of risk assessment for natural disasters in the European Union", adopted in March 2011 due to the call of EC, which seeks for common approach and harmonization in the prevention of natural and man-made disasters. EC called for the preparation for possible cross-sectoral issues and creation of overview for the major natural and man-made risks with regard to the possible future influences of climate change, by the end of 2012.
Project SEERisk is focused on two main objectives: to improve the methods of risk assessment and improving of common preparedness in order to enhance awareness and efficiency of measures during emergency situations, which may be caused by climate change.

Kľúčové slová: povodňové ohrozenie, povodňové riziko, hodnotenie

Dopad klimatických zmien na životné prostredie, obyvateľstvo a vyhodnotenie týchto rizík prostredníctvom spoločnej metodiky, to je hlavný cieľ projektu pod skratkou SEERisk. Projekt je zaradený do programu SEE (South East Europe) a zúčastňuje sa na ňom 20 partnerov zo štátov juhovýchodnej Európy (Maďarsko, Srbsko, Bosna a Hercegovina, Chorvátsko a pod.). Vedúcim partnerom projektu je Generálne riaditeľstvo pre krízový manažment v Budapešti. Za Slovenskú republiku sú projektovými partnermi Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) a Trnavský samosprávny kraj (TTSK)..
Za pilotné územie sa vybralo mesto Senica a povodne ako druh hodnoteného rizika. V prvom kroku sme sa zamerali na analýzu a zhodnotenie historických povodní, ktoré sa v Senici vyskytli. Metodikou vytvorenou na univerzite vo Viedni sme vypracovali mapy povodňového ohrozenia

a mapy povodňového rizika. Podstata metodiky spočívala v tom, aby pre rôzne druhy ohrozenia (povodne, vietor, požiare, sucho atd.) bolo možné vytvoriť tieto mapy z rôzne kvalitných vstupných údajov použitím dostupných nástrojov.

V čase tvorby máp projektu nebola k dispozícii žiadna mapa povodňového ohrozenia a tak sme využili takzvaný Alternatívny indikatívny záplavový model (AIZM). Ide o jednoduchý pohotový nástroj, ktorý pomocou relatívnych výšok nad vodným tokom generuje inundačné územie a hĺbky vody počas záplav pri požadovaní minimálnych vstupov (vrstva riečnej siete, DTM alebo DMR a hodnota hĺbky vody v určitom bode na rieke). Tento nástroj, ktorého autorom je RNDr. Martin Koli, PhD. je ako doplnok pre program ArcGIS Desktop 10.1 voľne dostupný na stránke http://www.fns.uniba.sk/index.php?id=4573.

K dispozícii sme mali DTM s rozlíšením 10x10 m, návrhové prietoky a mernú krivku pre stanicu Kunov-Teplica. Namodelovaním s využitím odhadovaných hĺbok vody v mieste stanice Kunov-Teplica sme získali záplavovú plochu a hĺbku vody H v cm pri dobe opakovania N=10, 20, 50 a 100 rokov v meste Senica.

Kombináciou záplavovej mapy pre 4 rôzne doby opakovania a mapy priemernej hĺbky vody (ktorá sa vypočítala ako vážený priemer hĺbok pri všetkých uvažovaných dobách opakovania H=(10*H10+5*H20+2*H50+1*H100)/18) vznikla multifaktorálna mapa povodňového ohrozenia mesta Senica, ktorá zahŕňala 5 úrovni kategórií od veľmi nízkeho až po veľmi vysoké ohrozenie. Ohrozenie v určitej oblasti sa zvyšuje so zväčšovaním hĺbky záplavovej vody v tejto oblasti a zmenšujúcou sa dobou opakovania povodne, čiže najväčšia je pri N=10.

Ako hodnotiaci prvok určenia rizika sme si vybrali počet obyvateľov (údaje poskytlo mesto Senica alebo sme ich získali v relevantných inštitúciách – školy, domov dôchodcov, atď.)..

Kombináciu mapy ohrozenia a mapy dôsledkov (počet obyvateľov) s využitím Matice rizika vznikla mapa povodňového rizika mesta Senica, v ktorej sú znázornené 4 kategórie – nízke, stredné, vysoké a veľmi vysoké riziko.

Všetky výpočty boli vykonané v geografických informačných systémoch(GIS). Rastrovú mapu povodňového ohrozenia sme premenili na vektorovú tak, že sme ju preložili polygónmi budov a úrovne ohrozenia sa tak priradili priamo jednotlivým budovám

V rámci projektu sa vykonal verejný prieskum medzi obyvateľstvom a organizáciami v meste Senica o pripravenosti na povodne. V súčasnosti sa prieskum analyzuje a pripravuje sa dokument Návod na hodnotenie rizík súvisiacich s klimatickou zmenou.“

Projekt sa začal v apríli 2012 a skončí sa v decembri 2014. Rozpočet projektu je 1 280 000,00 €. Výstupy z projektu pre slovenskú stranu môže využiť samospráva mesta Senica pri plánovaní v rámci územného plánu mesta a ohodnotení a manažmente rizík pri povodňových udalostiach

Význam projektu spočíva najmä tom, že zástupcovia krajín v juhovýchodnej Európe pripravujú jednotnú medzinárodnú metodiku pre hodnotenie rizík dopadov klimatických javov a reálnych situácií na obyvateľstvo, životné prostredie a infraštruktúru

Povodne 2013 na strednom a východnom Slovensku

Floods 2013 in Central and Eastern Slovakia

Kyselová, D., Slovenský hydrometeorologický ústav, B. Bystrica, daniela.kyselova@shmu.sk
Hrušková, K., Slovenský hydrometeorolog. ústav, B. Bystrica, katerina.hruskova@shmu.sk
Simonová, D., Slovenský hydrometeorologický ústav, Košice, dorota.simonova@shmu.sk
Holubecká, M., Slovenský hydrometeorologický ústav, Košice, martina.holubecka@shmu.sk
Liová, S., Slovenský hydrometeorologický ústav, Žilina, sona.liova@shmu.sk

Abstrakt
Začiatok roka 2013 charakterizovala zrážkovo veľmi bohatá zima. Vyznačovala sa striedaním niekoľkých období akumulácie vody v snehovej pokrývke a následným topením sa snehu. A práve topenie sa snehu, často sprevádzané dažďom, viedlo v mesiacoch január až apríl 2013 k viacerým povodňovým situáciám práve na juhu stredného a východného Slovenska. V nasledujúcich mesiacoch, v druhej polovici jari a na začiatku leta, sa pridali aj zrážky z búrkových lejakov s následnými početnými lokálnymi prívalovými povodňami na menších tokoch. V predkladanom príspevku sa preto zameriame na analýzu hydrometeorologických príčin vzniku a vývoja povodňových situácií v prvom polroku 2013 na strednom a východnom Slovensku.

Abstract
The beginning of the year 2013 was characterized by the winter very rich in precipitation. It was characterized by changing of several periods of water accumulation in snow cover following by snow melting. But just snow melting often accompanied by rain resulted during months January and April to several flooding situations just at the south of central and eastern parts of Slovakia. Next months, in second half of spring and at the beginning of summer also precipitation from thunderstorm cloudbursts affiliated, following by numerous local flash floods on the smaller flows. In this contribution we are therefore focusing on the analysis of hydrometeorological causes of origin and development of flooding situations in the first half of the year 2013 in the central and eastern parts of Slovakia.

Kľúčové slová: atmosférické zrážky, povodne, prvý polrok 2013, stredné a východné Slovensko

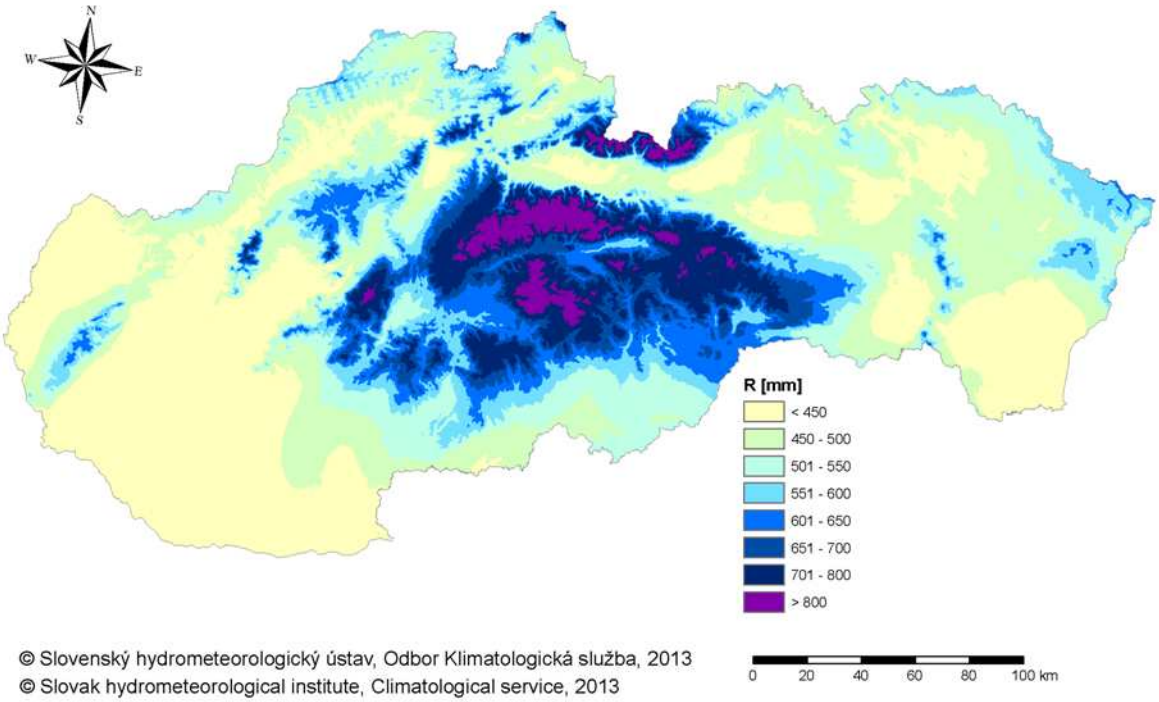
Úvod

Striedanie období bohatých na dážď s obdobiami bez zrážok sa v poslednom období stáva fenoménom našich zemepisných šírok. Po hydrologicky mimoriadnych rokoch 2010 až 2012 bol aj prvý polrok roka 2013 extrémny. Celkový úhrn zrážok sa za prvý polrok na niektorých miestach na juhu Slovenska pohyboval na úrovni ročného normálu, ojedinele ho aj prekročil, čo sa prejavilo aj na hydrologických pomeroch.

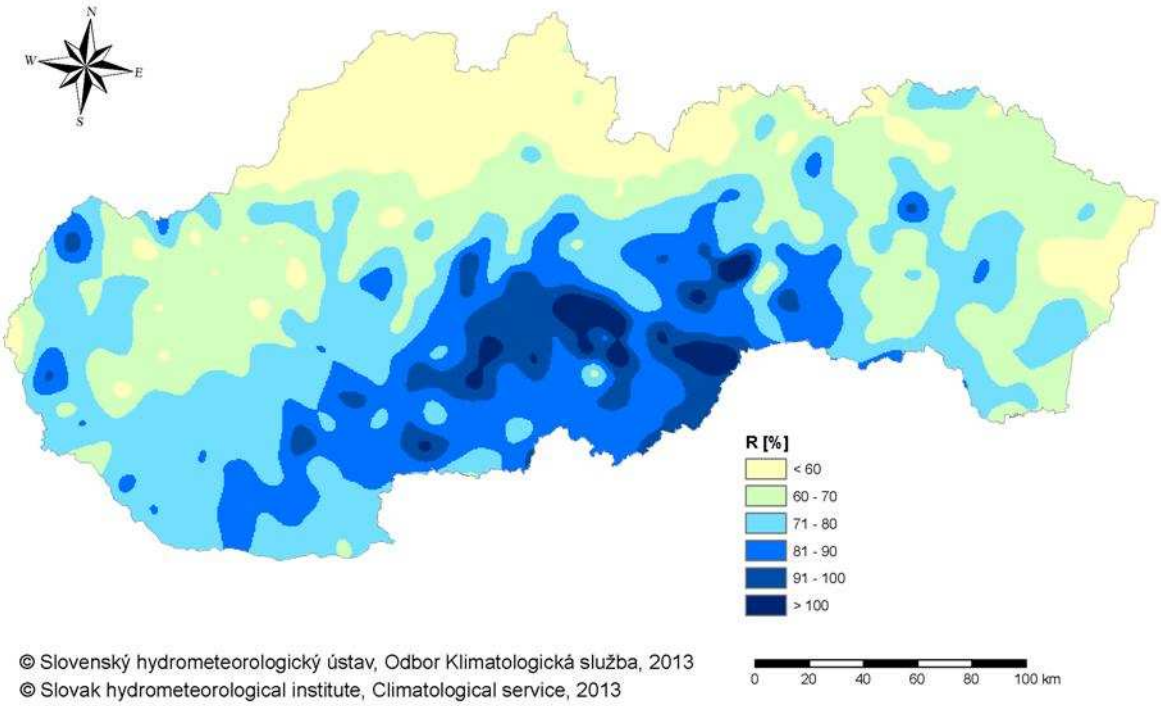
Atmosférické zrážky

Prvý polrok 2013 ako celok sa v rámci Slovenska vyznačoval veľkou priestorovou variabilitou úhrnov atmosférických zrážok. Počas prvých šiestich mesiacov spadlo absolútne najviac zrážok najmä v pohoriach v centrálnej časti Slovenska – Nízke Tatry, Poľana, Slovenské Rudohorie (obr. 1). V porovnaní s ročným normálom atmosférických zrážok však najviac zasiahnuté boli oblasti na juhu Slovenska – predovšetkým povodia Ipľa, Slanej a Bodvy, kde sa celkový úhrn zrážok za prvý polrok pohyboval na úrovni ročného normálu, ojedinele ho aj prekročil. Sever Slovenska bol v prvom polroku 2013 prevažne zrážkovo podnormálny (obr. 2).

Obr. 1 Úhrny atmosférických zrážok na Slovensku za 1. polrok 2013



Obr. 2 Úhrn atmosférických zrážok na Slovensku za 1. polrok 2013 v percentách ročného normálu atmosférických zrážok

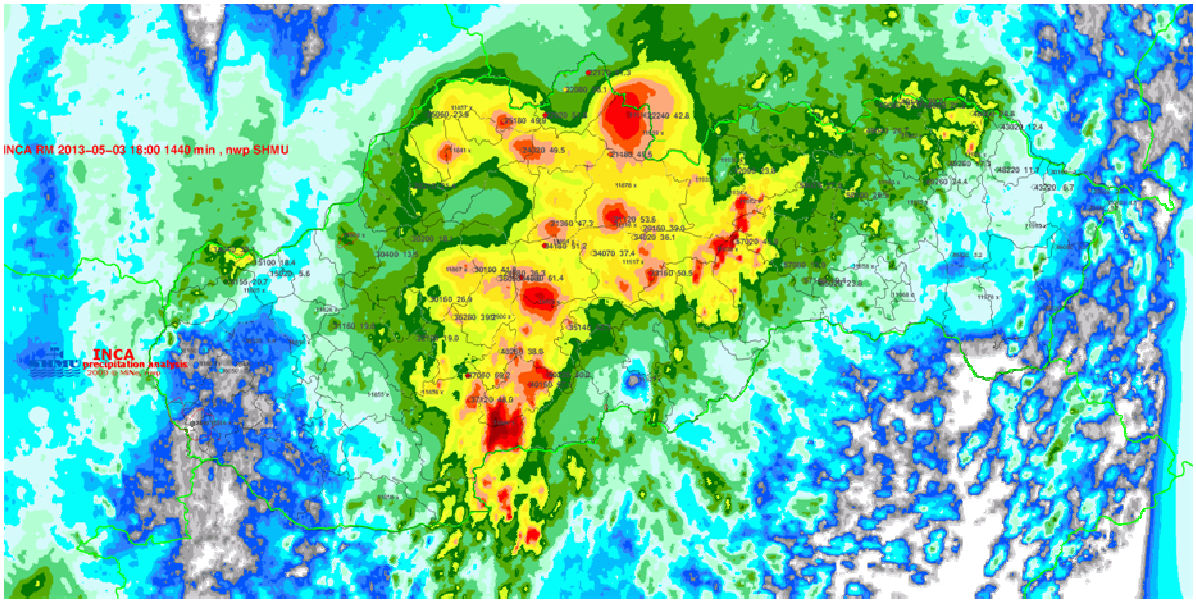


V prvých troch mesiacoch roka bol na celom území Slovenska zaznamenaný nadbytok atmosférických zrážok. V porovnaní s dlhodobými hodnotami sa pohyboval od 55 do 59 mm na strednom Slovensku, resp. od 43 do 46 mm na východnom Slovensku. Priemerné plošné mesačné úhrny zrážok pre stredné Slovensko v intervale 105 až 113 mm predstavovali 204 až 210 % príslušných dlhodobých hodnôt, pre východné Slovensko bolo 84 až 87 mm 205 až 221 % príslušných dlhodobých hodnôt.

V zimných mesiacoch sa tieto zrážky akumulovali v snehovej pokrývke. Vo februári boli v povodiach horného Hrona, Slanej a Bodvy vyhodnotené doteraz najvyššie zásoby vody v snehovej pokrývke od začiatku ich vyhodnocovania. Aj keď sa počas zimy striedali obdobia akumulácie vody v snehu a významného odtoku z nej v dôsledku tekutých zrážok a prechodných oteplení, boli ešte aj v druhej polovici apríla na niektorých povodiach (horný Váh, Hron, Slaná, Hornád, Poprad) vyhodnotené snehové zásoby, ktoré naďalej ovplyvňovali odtokové pomery. Samotný apríl skončil ako jediný mesiac prvého polroka zrážkovo podnormálny s priemerným deficitom zrážok 36 mm na strednom a 18 mm na východnom Slovensku.

V máji a júni sa striedali obdobia frontálnych viacdenných, aj intenzívnych, a konvektívnych zrážok (lokálne búrky, obr. 3) s krátkymi bezzrážkovými periódami. Toto zrážkovo premenlivé obdobie bolo zakončené v poslednej júnovej dekáde (24.-25.) prívalovými zrážkami viazanými na búrky na zvlnenom studenom fronte.

Obr. 3 Priestorové rozloženie 24 hodinových úhrnov zrážok 3.5.2013 k 18.00 UTC na základe analýzy INCA



V regióne stredného Slovenska spadlo v máji v priemere 159 mm, v júni 121 mm, čo predstavuje 185, resp. 122 % príslušných dlhodobých hodnôt a nadbytok zrážok 73, resp. 22 mm. Na východnom Slovensku tomu v máji zodpovedal priemerný plošný mesačný úhrn 125 mm zrážok a v júni 135 mm zrážok. 167 (máj), resp. 152 % (jún) príslušných dlhodobých hodnôt predstavovalo nadbytok zrážok 50, resp. 46 mm.

V dôsledku uvedených zrážkových pomerov sa v prvom polroku 2013 v povodiach stredného a východného Slovenska, okrem povodia horného Váhu, vyskytlo viacero povodňových situácií.

Povodňové situácie v povodiach Hrona, Ipľa a Slanej

Výdatné zrážky vo forme dažďa, výrazné oteplenie a s ním spojené topenie sa snehovej pokrývky boli **koncom februára** hlavnými príčinami vzniku povodňovej situácie na dolnom Hrone, v povodí Ipľa, na prítokoch Slanej a dolnej Rimave. Najhoršia situácia bola v dolných častiach prítokov stredného a dolného Ipľa. Vo vodomerných staniciach na prítokoch Suchá, Tisovník, Stará rieka, Krtíš, Krupinica, Štiavnica boli prekročené hladiny zodpovedajúce 2. stupňu povodňovej aktivity (SPA), v Plášťovciach na Litave 3. SPA. Taktiež hlavný tok Ipeľ vo svojej dolnej časti kulminoval pri 2. (Salka), resp. 3. SPA (Vyškovce nad Ipľom).

Na dolnom Hrone a jeho prítokoch (Podlužianka, Sikenica), rovnako aj na pravostranných prítokoch Slanej (Muráň, Turiec) a dolnej Rimavy kulminačné vodné stavy prekročili hladiny zodpovedajúce hodnotám 1. SPA, iba v Kalinčiakove na Sikenici 2. SPA. Kulminačné prietoky sa pohybovali na úrovni prietokov vyskytujúcich sa priemerne raz za rok až päť rokov. V Plášťovciach na Litave hodnota kulminačného prietoku zodpovedala prietoku s pravdepodobnosťou opakovania raz za 20 rokov.

Ďalšia povodňová situácia spojená s výrazným oteplením, tekutými zrážkami a topením sa snehu prišla **v prvej polovici marca**. Výdatne zrážky zasiahli predovšetkým južné časti Slovenského stredohoria. Vodné toky, hlavne prítoky Slatiny (Neresnica), stredného Hrona (Jasenica) a dolného Ipľa (Krupinica, Štiavnica) zareagovali rýchlymi a výraznými vzostupmi vodných hladín s prekročením 1.-3. SPA. Prekročenie vodných hladín zodpovedajúcich SPA bolo registrované aj vo vodomerných staniciach na Hrone (1.-2. SPA), dolnom Ipli (1. SPA) a v povodí Slanej s Rimavou (1.-2. SPA).

Nasledujúca vlna výdatných zrážok zasiahla znova najmä južnú časť Slovenského stredohoria, návetria Starohorských vrchov a východnej časti Nízkych Tatier. Po prechodných poklesoch vodných hladín došlo k ich opätovnému vzostupu a vo všetkých povodiach boli opakovane prekročené hladiny zodpovedajúce 1.-3. SPA. Kulminačné prietoky počas tejto povodňovej situácie dosiahli väčšinou hodnoty prietokov vyskytujúcich sa priemerne raz za 1 až 2 roky, v Gemerskej Vsi na Turci a v Lenartovciach na Slanej raz za 2 až 5 rokov.

Výdatné zrážky, čiastočne naakumulované aj v snehovej pokrývke, vysoká nasýtenosť povodí a oteplenie boli príčinou ďalšej, tentoraz veľkonočnej povodňovej situácie **na prelome marca a apríla**. Najhoršia situácia bola na prítokoch stredného a dolného Hrona (Neresnica, Podlužianka, Sikenica) a na prítokoch stredného a dolného Ipľa (Krtíš, Krupinica, Litava, Štiavnica, Búr), kde boli v operatívnych vodomerných staniciach prekročené hladiny zodpovedajúce 3. SPA. Taktiež Ipeľ vo svojej dolnej časti vo Vyškovciach nad Ipľom kulminoval pri 3. SPA. Štatisticky najvýznamnejšie kulminačné prietoky mali pravdepodobnosť opakovania raz za 50 rokov (Litava v Plášťovciach), raz za 20 až 50 rokov (Štiavnica v Horných Semerovciach), raz za 10 až 20 rokov (Sikenica v Kalinčiakove) a raz za 10 rokov (Krtíš v Želovciach).

Vo vodomerných staniciach na hlavných tokoch boli prekročené hladiny 1.-2. SPA a kulminačné prietoky sa pohybovali na úrovni 1 až 5-ročných vôd. Veľkonočnou povodňovou udalosťou bolo najmenej zasiahnuté povodie Slanej s Rimavou. Kulminačné prietoky boli maximálne na úrovni 1-2-ročných vôd, iba vo Vlkyni na Rimave 2-5-ročnej vody.

Frontálne viacdenné zrážky, aj intenzívne, a konvektívne zrážky vo forme lokálnych prehánok a búrok sa **v máji a júni** striedali s krátkymi bezzrážkovými periódami. V dôsledku vysokej nasýtenosti povodí bola reakcia vodných tokov na lokálne intenzívne zrážky veľmi rýchla. Výrazné lokálne vzostupy vodných hladín boli zaznamenané vo všetkých povodiach, ale najmä na nami nemonitorovaných a často bezmenných tokoch. Tieto prívalové povodne spôsobili spolu s nánosmi bahna a kameňov vo viacerých obciach veľké materiálne škody.

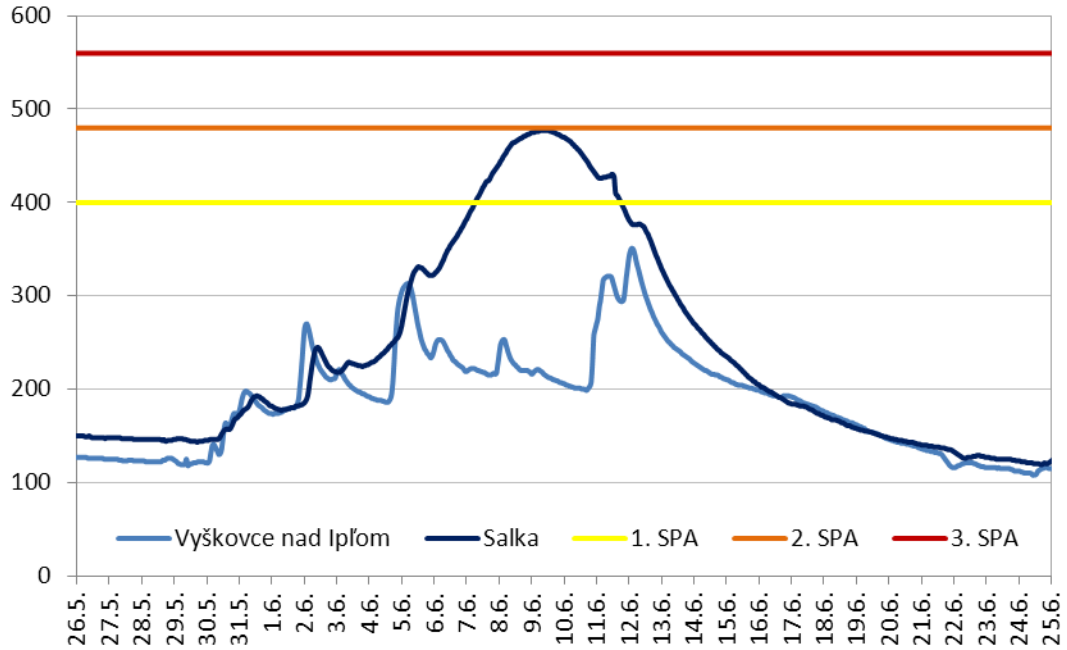
Začiatkom mája (3.5.) boli najviac postihnuté obce na prítokoch dolného Ipľa – Šahy, Dudince, Hontianske Tesáre, Terany, Sudince. Hladiny zodpovedajúce 1.-3. SPA boli prekročené v operatívnych vodomerných staniciach na prítokoch dolného Ipľa – Krupinici, Litave a Štiavnici, a 1.-2. SPA v povodí Hrona (Hronec – Čierny Hron, B. Bystrica – Hron). Kulminačný prietok v Horných Semerovciach na Štiavnici dosiahol hodnotu prietoku, vyskytujúceho sa v priemere raz za 5 rokov.

V polovici mája (12.5.) sa lokálne povodne vyskytli v Očovej a v Rožňave. Situácia z polovice mája sa v niektorých obciach zopakovala aj **začiatkom júna** – v Očovej (6.6.), v Teranoch a v Šahách (10.6.), ako aj na nami monitorovaných prítokoch dolného Ipľa a dolného Hrona (Krupinici,

Litave, Štiavnici, Búre, Sikenici a Podlužianke). Kulminačné vodné stavy neprekročili hladiny zodpovedajúce 2. SPA.

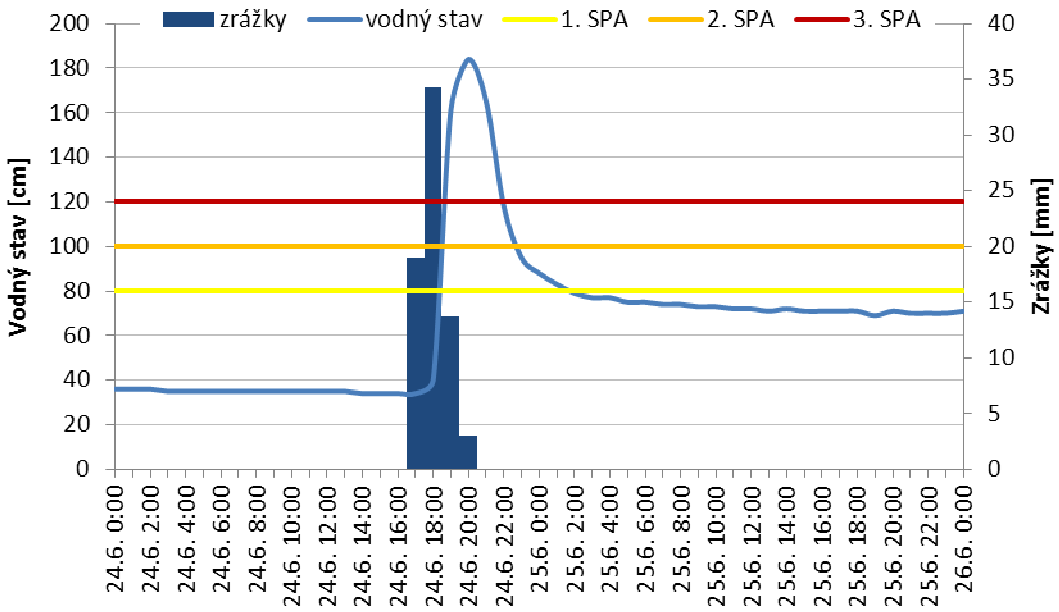
V dôsledku vysokej hladiny Dunaja boli zaplavené aj obce v povodiach dolného Hrona a dolného Ipľa (Kamenica nad Hronom, Chľaba). V Salke kulminovala hladina Ipľa, ovplyvnená vzdutím z Dunaja, 9.6. tesne pod úrovňou 2. SPA. Na rozdielnych priebehoch vodných hladín vo vodomerných staniciach na dolnom Ipli, v Salke a vo Vyškovciach nad Ipľom, (obr. 4) je vidieť dosah vysokej hladiny Dunaja.

Obr. 4 Priebeh vodných hladín vo vodomerných staniciach na dolnom Ipli 26.5.-25.6.2013 s vyznačením hladín, zodpovedajúcich stupňom povodňovej aktivity (SPA) v Salke



Júnové lokálne povodne vyvrcholili **koncom mesiaca** (24.6.), kedy spadlo na viacerých miestach na Horehroní a v povodí Čierneho Hrona väčšinou len v priebehu 4 hodín viac ako 70 mm zrážok a v povodí Rimavy viac ako 60 mm zrážok. Štvorhodinové úhrny zrážok dosahovali takmer hodnoty dlhodobých mesačných júnových úhrnov zrážok. Kulminačné vodné stavy v Hronci na Čiernom Hrone a v Kokave nad Rimavicou na Rimavici prekročili (obr. 5) hodnoty hladín zodpovedajúce 3. SPA a kulminačné prietoky boli na úrovni 20-ročných vôd. Horšia situácia bola v okolí Kokavy nad Rimavicou, kde boli zaplavené aj okolité obce – Salajka, Drahová a najmä Utekáč, ktorý bol odrezaný od civilizácie, nakoľko boli neprejazdné cesty do obce aj z Kokavy n/Rimavicou aj z Brezna a aj železničná trať bola zavalená stromami. Viaceré obce v povodí Rimavy a Slanej boli tiež zaplavené prívalovými dažďami sprevádzanými aj bahnotokom – Hrachovo, Kociha, Rimavská Baňa, Rimavské Zalužany, Klenovec, Hnúšťa, Tisovec, Lehota nad Rimavicou, Hucín, Gemerský sad, gemerská Teplica, Čoltovo, Gemerská Parnica, Meliata, Bohúňovo.

Obr. 5 Hodinové úhrny atmosférických zrážok z Lomu nad Rimavicou a priebeh vodných hladín v Kokave nad Rimavicou na Rimavici 24.-26.6.2013 s vyznačením hladín, zodpovedajúcich stupňom povodňovej aktivity (SPA)



Hydrologická situácia na tokoch východného Slovenska

Prechodné oteplenia spojené s tekutými zrážkami v dňoch 14.-16.1. a 20.- 22.1 u nás a v západnej časti Ukrajiny, spôsobili výrazné vzostupy vodných hladín na tokoch východného Slovenska. Kulminačné prietoky na vodomerných staniciach, na ktorých boli zaznamenané hladiny zodpovedajúce SPA, boli na úrovni prietokov s pravdepodobnosťou opakovania maximálne raz za rok. Povodňová situácia z januára pokračovala aj **vo februári**, čo zapríčinili zrážky z prelomu mesiacov, opätovné oteplenie, následné topenie sa snehu v západnej časti Ukrajiny a dotekanie. Na Bodve, Olšave a Chlmci dosiahli kulminačné prietoky hodnoty prietokov vyskytujúcich sa v priemere raz za 2 až 5 rokov pri prekročení hladín zodpovedajúcich 2. SPA. Najvýraznejší vzostup bol zaznamenaný na Roňave, kde maximálny vodný stav dosiahol hodnotu 3. SPA. Vo vodomerných staniciach na Latorici a Bodrogu boli februárové kulminácie na úrovni 1. SPA a kulminačné prietoky boli nižšie ako hodnota 1-ročného prietoku (tab. 1).

Tab. 1 Prehľad kulminácií na Latorici a Bodrogu za obdobie január až apríl 2013 (SEČ)

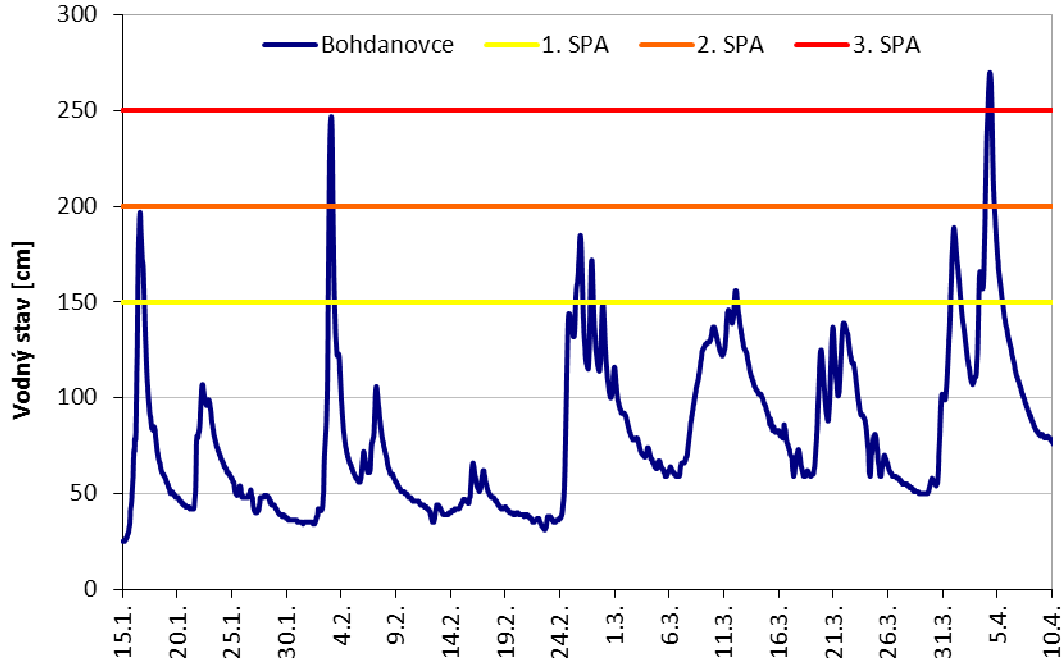
Stanica	Tok	Dátum	Čas	H	Q	Q_N	SPA
Veľké Kapušany	Latorica	25.1.2013	17:45	572	73	< 1	I.
Veľké Kapušany	Latorica	7.2.2013	12:45	638	102,0	< 1	I.
Streda n/Bodrogom	Bodrog	9.2.2013	4:15	654	255,0	< 1	I.
Veľké Kapušany	Latorica	15.3.2013	23:00	658	139,0	1	II.
Streda n/Bodrogom	Bodrog	16.3.2013	10:15	734	324,0	< 1	I.
Veľké Kapušany	Latorica	7.4.2013	3:00	715	195,0	1 - 2	II.
Streda n/Bodrogom	Bodrog	7.4.2013	13:30	824	384,0	< 1	II.

Hydrologická situácia na tokoch východného Slovenska sa znova zhoršila **v priebehu prvej a druhej marcovej dekády**, kedy zmiešané a tekuté zrážky v kombinácii a oteplením a následným topením sa snehu spôsobili vzostupy vodných hladín s prekročením SPA v povodí Hornádu, na Laborci a v dolnej časti povodia Bodrogu. Hladiny zodpovedajúce 2. SPA boli prekročené na Roňave v Michaľanoch, na Latorici vo Veľkých Kapušanoch a na Toryse v Košických Olšanoch. Kulminačné prietoky sa pohybovali maximálne na úrovni 1-ročných vôd. Vysoké vodné stavy pretrvávali na tokoch počas celého mesiaca.

Koncom marca došlo v dôsledku ďalšieho oteplenia, tekutých zrážok a následného topenia sa snehu k ich opätovnému vzostupu. 1. SPA boli prekročené najmä vo vodomerných staniciach v povodí Hornádu. Kulminačné prietoky zaznamenané na prelome marca a apríla boli na úrovni prietokov s pravdepodobnosťou opakovania maximálne raz za rok.

Povodňová situácia na tokoch východného Slovenska pokračovala po prechodnom poklese vodných hladín aj **začiatkom apríla.** Hladiny zodpovedajúce 2. SPA boli dosiahnuté v povodí Torysy, Bodvy a v dolnej časti povodia Bodrogu. Prekročenie 3. SPA bolo zaznamenané na Olšave v Bohdanovciach (obr. 6) a na Roňave v Michaľanoch. Kulminačné prietoky dosiahli hodnoty prietokov vyskytujúcich sa v priemere raz za 1 až 2 roky. Vodné stavy zodpovedajúce hladinám SPA pretrvávali na Latorici a Bodrogu takmer celý mesiac (obr. 7).

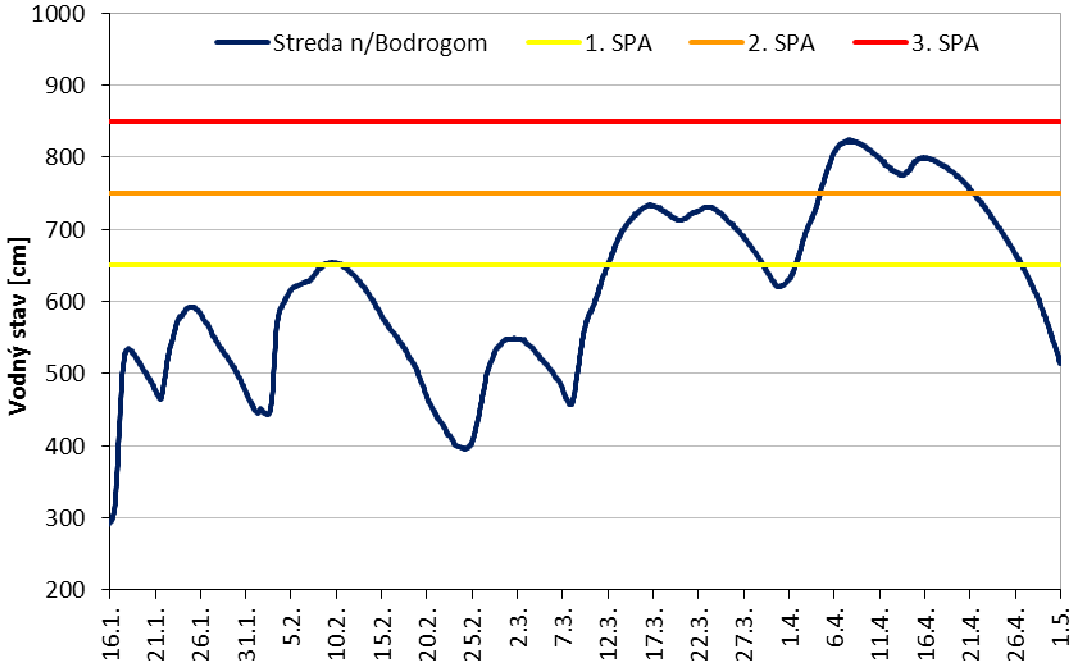
Obr. 6 Priebeh vodných hladín v Bohdanovciach na Olšave 15.1.-10.4.2013 s vyznačením hladín, zodpovedajúcich stupňom povodňovej aktivity (SPA)



V dôsledku zvýšených vodných stavov, oteplenia a snehových zásob vo vyšších polohách došlo **v polovici apríla** najmä v povodí Hornádu k vzostupu vodných stavov a následnému prekročeniu hladín zodpovedajúcich 1., resp. 2. SPA (Torysa v Košických Olšanoch, Hnilec v Švedlári). Kulminačné prietoky boli na úrovni prietokov s pravdepodobnosťou výskytu maximálne raz za 1-2 roky.

V dôsledku vysokej nasýtenosti povodí a vplyvom lokálnych prehánok a búrok **v máji a v júni** došlo k viacerým povodňovým situáciám, hlavne na malých tokoch východného Slovenska. 3.5. bol dosiahnutý 2. SPA v Hrabušiciach na toku Veľká Biela Voda, kde kulminačný prietok zodpovedal hodnote prietoku vyskytujúcemu sa v priemere raz za 10 rokov. Na nami monitorovaných vodomerných staniciach v povodí Hornádu, Bodrogu a Bodvy v priebehu týchto dvoch mesiacov boli prekročené 1. a 2. SPA a kulminačné prietoky sa pohybovali na úrovni 1 až 2 ročných vôd.

Obr. 7 Priebeh vodných stavov v Strede nad Bodrogom na Bodrogu s vyznačením hladín, zodpovedajúcich stupňom povodňovej aktivity (SPA)



Záver

Počas zimy 2012/2013 sa často striedali chladné obdobia so snežením a obdobia s výrazným prechodným oteplením a tekutými zrážkami. Počas chladného obdobia sa zásoby vody systematicky kumulovali v snehovej pokrývke. Chladné obdobie vystriedalo oteplenie, ktoré zvýraznilo problematiku odtoku vody. Problémom bolo, že zemský povrch bol po predchádzajúcom mrazivom období zamrznutý a tak sa odtok vody z topiacej sa snehovej pokrývky zrýchľoval. Vo všetkých povodiach sa vyskytlo viacero povodňových situácií z topiaceho sa snehu a dažďa. Z hydrologického hľadiska najvýznamnejšie boli zaznamenané v povodí dolného Ipľa.

Po netypickej zime boli na strednom a východnom Slovenku extrémne aj mesiace máj a jún s lokálnym výskytom prívalových povodní, ktoré zaplavili mnohé obce a spolu s nánosmi bahna a kameňov spôsobili veľké materiálne škody.

Zvýšená frekvencia výskytu extrémnych meteorologických javov v posledných rokoch nám ukazuje, že extrémne úhrny atmosférických zrážok spojené s mimoriadnymi prejavmi v procese tvorby a vývoja odtoku sa vzhľadom na fyzicko-geografické pomery Slovenska môžu vyskytnúť takmer na celom území a v ktoromkoľvek ročnom období.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Operačného programu Veda a Výskum pre projekt: Aplikovaný výskum metód na určovanie klimatických a hydrologických návrhových veličín, ITMS: 26220220132, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Zoznam literatúry

Hazlinger, M. 2013: Zima 2012-2013 z hľadiska operatívnej hydrologickej predpovede. In: Vodohospodársky spravodajca. 2013, roč. 56, č. 5-6, s. 7-10. ISSN 0322-886X.

Povodne zo snehu a dažďa v roku 2013 v povodiach Hrona, Ipľa a Slanej. [on-line]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/sk/?page=128>.

Povodne z topenia sa snehu a zrážok na východnom Slovensku 2013. [on-line]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/sk/?page=128>.

PROJEKT SEE RIVER (SEE RIVER PROJECT)

Ing. Poórová J., PhD., Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, jana.poorova@shmu.sk
Ing. Lešková D., PhD., Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, danica.leskova@shmu.sk
Ing. Sokolová L., Ďumbierska 26, 041 17 Košice, lucia.sokolova@shmu.sk
RNDr. Holubecká M., Ďumbierska 26, 041 17 Košice, martina.holubecka@shmu.sk
Ing. Psotová M., Ďumbierska 26, 041 17 Košice, martina.psotova@shmu.sk
Ing. Spišiaková K., Ďumbierska 26, 041 17 Košice, katarina.spisiakova@shmu.sk

Abstrakt/Abstract

Rieka a jej priľahlé územie sa stalo miestom, kde sa stále viac a viac stretávajú rôzne záujmy: využívanie vody, ochrana pred povodňami, vodná energia, poľnohospodárstvo, cestovný ruch, navigácia, biodiverzita a ochrana prírody, územné plánovanie a atď. Rozmanitosť záujmov na miestnej úrovni a široký rozsah vnútroštátnych právnych predpisov, ako aj medzinárodných dohovorov a smerníc EÚ týkajúcich sa riadenia vodných tokov, zvyšuje zložitosť správy na miestnej, národnej a medzinárodnej úrovni. Zdá sa, že tieto záujmy sú často nezlučiteľné, najmä v prípade medzinárodných riečnych koridorov. Majú však spoločný východiskový bod - využitie vody a pobrežných oblastí. Preto je na to potrebný integračný a strategický prístup medzi miestnymi, národnými a medzinárodnými stranami a cezhraničná spolupráca.

The river and its territory has become a place where more and more interests meet: water use, flood protection, hydropower, agriculture, tourism, navigation, nature and biodiversity conservation, spatial planning and others. Variety of interests on local level and a wide scope of national legislation as well as international conventions and EU directives affecting river management raise the complexity of managing local, national and international river corridors. It often seems that these interests are incompatible, particularly in case of international river corridors. But they have a common starting point – the use of water and the riparian area. Therefore, a contemporary river needs integrative and strategic approach for management based on involvement of local, national and international stakeholders, and transboundary cooperation.

Kľúčové slová

riečny koridor, balíček nástrojov, toolkit, SEE River, manažment povodí

Úvod

Každá rieka má svoje prirodzené vlastnosti a je to človek, ktorý sa výrazne podieľa na ich využití. Pitná voda, ochrana pred povodňami, vodné využitie, poľnohospodárstvo, cestovný ruch, ťažba štrku, navigácia a ďalšie ekonomické využitie vody, bývanie, rekreácia, ochrana prírody a biodiverzity a iné záujmy privádzajú človeka k stretnutiam pri vodných plochách a ich priľahlých územiach.

Okrem širokého spektra záujmov na miestnej úrovni je riadenie miestnych, národných a medzinárodných riečnych koridorov navyše ovplyvňované širokou škálou vnútroštátnych právnych predpisov, smerníc EÚ a medzinárodných dohôd. Často sa zdá, že tieto záujmy a predpisy sú nezlučiteľné a to najmä v prípade medzinárodných riečnych koridorov. Ale majú spoločný východiskový bod – využitie vody a pobrežných oblastí.
To sú požiadavky, na ktorých je projekt SEE River založený.

Projekt SEE River

Súčasne okolnosti si vyžadujú integračný a strategický manažment povodí na základe kombinácie miestnych, regionálnych, národných a cezhraničných prístupov, ako aj na základe vedomostí a skúseností v medziodvetvovom sektore. Projekt SEE River je určený práve za týmto účelom na dosiahnutie spoločnej dohody v riadení riečneho koridoru pre zosúladenie v oblasti rozvoja a ochrany záujmov pozdĺž šiestich vybraných riek. Toto sa môže dosiahnuť len úzkou spoluprácou s odborníkmi z najrôznejších odvetví z rôznych krajín, a aktívnou účasťou zainteresovaných strán z radov miestnych povodí a regionálnych či vnútroštátnych orgánov. Projekt tiež uvádza nový prístup k tokom a k územnému plánovaniu so zameraním na riečny koridor, ktorý je centrom povodia a kde dochádza k väčšine vplyvov.

Projektové aktivity a zistenia povedú k vytvoreniu balíčka nástrojov SEE River (TOOLKIT), inovatívneho a všeobecne použiteľného modelu a poradenstva o tom, ako dosiahnuť ďalšie udržateľné využívanie riečnych koridorov tým, ak vezme do úvahy harmonizáciu záujmov zainteresovaných subjektov na rôznych úrovniach. TOOLKIT bude testovaný prostredníctvom aplikácie na šiestich medzinárodných riečnych koridoroch a integrované do každodennej práce 26 organizácií z 12 krajín. Bude podporovať techniky pre komunikáciu, dialóg a poradenstvo a bude pripravený konkrétne, ale aj dostatočne všeobecne, aby mohol byť použitý na akýkoľvek riečny koridor.

Projekt sa tiež zameriava na dosiahnutie dohody medzi zúčastnenými stranami o ďalších konkrétnych krokoch na šiestich riečnych koridoroch, ktoré budú predstavovať základ pre budúcu implementáciu a financovanie dohodnutých opatrení v období 2014-2020 v rámci financovania EÚ.



Hlavné očakávané výsledky projektu

• Balíček nástrojov SEE River (TOOLKIT)
• Akčný plán rieky Dráva pre integrované riadenie
• Päť miestnych akčných plánov - multi-sektorové dohody zainteresovaných strán pre správu piatich pilotných oblastí pozdĺž koridoru rieky Dráva
• Päť návrhov akčných plánov pre integrované riadenie riečnych koridorov Bodrog, Neretva, Prut, Soča a Vjosa
• Riadenie osvedčených postupov integrovaného manažmentu v medzinárodných riečnych koridoroch, semináre zamerané pre budovanie kapacít a šírenie Balíčka nástrojov SEE River, nasledovanie návrhových projektov pripravených na základe budúcich spoločných akcií, plán udržateľnosti pre budúcu spoluprácu v sieti SEE River a iné.

Projekt SEE River je otvorený proces, v ktorom konštantná a úzka spolupráca so zainteresovanými stranami je princípom práce a nielen metódou. V rôznych odborných oblastiach je vyvíjaných niekoľko aktivít s cieľom podporovať a zabezpečiť účasť zainteresovaných strán vo všetkých fázach projektu. Takýto princíp práce zlepšuje porozumenie rôznych postojov, názorov a vedomostí všetkých zúčastnených strán.

Ak chceme zlepšiť stav vôd, zníženie rizika povodní, zachovanie prírody, biodiverzity a ekosystémov a zároveň podporiť hospodársky rozvoj, musí byť rešpektované a prediskutované množstvo miestnych, regionálnych a národných záujmov pre vhodné riadenie v riečnom koridore. Aktivity pre a so zúčastnenými stranami budú uskutočnené na SEE úrovni, na medzinárodnej úrovni riečnych koridorov, na národnej, regionálnej a miestnej úrovni.

Odborníci z 26 najvýznamnejších inštitúcií a medzinárodných organizácií zapojených do riadenia riečnych koridorov z 12 krajín juhovýchodnej a strednej Európy si vybudovali partnerstvá na dosiahnutie cieľov projektu. Budú kombinovať a zdieľať znalosti, dáta, informácie a skúsenosti z niekoľkých odborných oblastí: vodné hospodárstvo, ochrana prírody, energetika, územné plánovanie a ďalšie. Partnerstvo v rámci projektu zabezpečuje miestnu a nadnárodnú spoluprácu a udržateľnosť výsledkov projektu pre zúčastnené krajiny a pre regióny juhovýchodnej Európy ako celku prostredníctvom zapojenia partnerov v príslušných subjektoch. Projekt je vedený organizáciou Institute for Water of the Republic of Slovenia.

Vývoj a realizácia balíčka nástrojov SEE River (TOOLKIT), projektového výskumu, terénnych prác a aktívna účasť zainteresovaných strán bude prebiehať v riečnych koridoroch šiestich cezhraničných tokoch SEE River: Dráva (1), Bodrog (2), Neretva (3), Prut (4), Soča (5) a Vjosa (6).



Pilotné toky sa silne líšia v ich prirodzenom, sociálnom, kultúrnom a administratívnom prostredí, čo umožní rozvoj a realizáciu projektových aktivít z rôznych perspektív. Väčšina aktivít sa bude rozvíjať a uplatňovať na vopred vybraných pilotných miestach koridoru rieky Drávy vo všetkých piatich pobrežných krajinách: Taliansko, Rakúsko, Slovinsko, Chorvátsko a Maďarsko. Na iných pilotných tokoch budú činnosti viesť k rozvoju akčných plánov a pomôžu skompletizovať balíček nástrojov SEE River (TOOLKIT).

SEE River na Slovensku

Realizácia projektu SEE River bude prebieha na Slovensku v riečnom koridore Bodrogu a v jeho čiastkových podpovodiach na Ukrajine (Latorica, Uh).

Bodrog je najväčší východoslovenský tok a vzniká sútokom riek Ondavy a Latorice pri Zemplíne. Je pravým prítokom rieky Tisa a hranicu s Maďarskom prekračuje blízko obcí Klin nad Bodrogom a Borša. Je to typicky nížinná rieka s hlinitými, prevažne zarastenými brehmi a pomalým odtokom bez prekážok. Jeho celková dĺžka je 67 km, pričom na Slovensko pripadá len 15 km úsek, zvyšok sa nachádza v Maďarsku. Plocha celého povodia Bodrog je 11 552 km^2, z toho na Slovensku 7272 km^2.
Rieka Bodrog je jedinou východoslovenskou vodnou cestou. Je splavná väčšími loďami, podľa vodného stavu, s minimálnou hĺbkou 230 cm. So svojimi malebnými zákutiami, ale aj vďaka blízkej vinohradníckej oblasti je navštevovanou turistickou lokalitou. Rieku majú v obľube priaznivci kanoistiky, zvyknú sa po nej plaviť až do maďarského mesta Tokaj. Do Maďarska premáva zo Slovenska aj výletná loď. Bodrog a jeho bočné ramená sú zároveň obľúbeným revírom športových rybárov.

Latorica pramení nad územím Zakarpatskej Ukrajiny pod Kozákovou Poliankou. Naším územím preteká v dĺžke 34,5 km. Zberná plocha je 3099,62 km^2 z čoho len 6% leží na území Slovenska. Latorica je druhá najväčšia chránená krajinná oblasť. Jej fenoménom sú mimoriadne vzácne vodné a močiarne spoločenstvá tvoriace komplex, ktorý nemá obdobu v celej republike.
Na našom území je typicky nížinnou riekou, vytvára veľké množstvo meandrov, slepých ramien i riečnych ostrovov. Na slovenskom území preteká cez územia lužných lesov a močaristých lúk. Takmer celé územie je popretkávané sieťou živých a mŕtvych ramien a melioračných kanálov, ktoré vznikli po regulácii tokov a procesom odvodňovania v r. 1953 - 1965.

Uh vzniká spojením niekoľkých prítokov v masíve Hrebeňa vo výške 850 m n.m. Povodie Uhu leží zväčša v Zakarpatskej Ukrajine. V ústí do Laborca má zbernú plochu povodia 2640,6 km^2.
Uh je na našom území typicky nížinnou riekou, preteká Východoslovenskou rovinou. Ukladá mohutné pokrovy riečnych nánosov (Kapušianske pláňavy) a vytvára početné mŕtve ramená. V okolí Uhu sa pri obciach Pavlovce nad Uhom a Stretava ťaží zemný plyn.

Záver

Úlohou SHMÚ, ako partnera projektu, je hľadanie zjednodušenia a racionalizácie procedúr na dosiahnutie súladu medzi využívaním riek a ich ochranou. Prostriedkom nápomocným na dosiahnutie uvedeného cieľa bude novo vyvinutý prostriedok, tzv. TOOLKIT, pomocou ktorého bude možno dosiahnuť spoluprácu medzi vodohospodármi, organizáciami pre ochranu prírody, farmármi a poľnohospodármi s prihliadnutím na znižovanie rizika povodní.

Zoznam literatúra

[1] http://www.see-river.net/
[2] Demeterová, B. – Fabišíková, M. – Bertová, M.: Vodohospodársky plán, Povodie Laborca a Latorice nad Laborcom. Košice, jún 1993
[3] Demeterová, B. – Fabišíková, M. – Spišiaková, H.: Hydroekologický plán, Povodie Ondavy a Bodrogu. Košice, jún 1994