IMPLEMENTÁCIA SMERNICE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2007/60/EC O HODNOTENÍ A MANAŽMENTE POVODŇOVÝCH RIZÍK. MAPA RIZIKA MESTA LEVICE

Katarína Cipovová

Anotácia: Cieľom tejto práce je popísať rizikovú analýzu ako nástroj pre manažment povodňového rizika a na praktickej ukážke z mesta Levice prezentovať výsledky tvorby mapy rizika.
Kľúčové slová: povodeň, riziková analýza, mapa ohrozenia, 2D model, GIS, mapa rizika

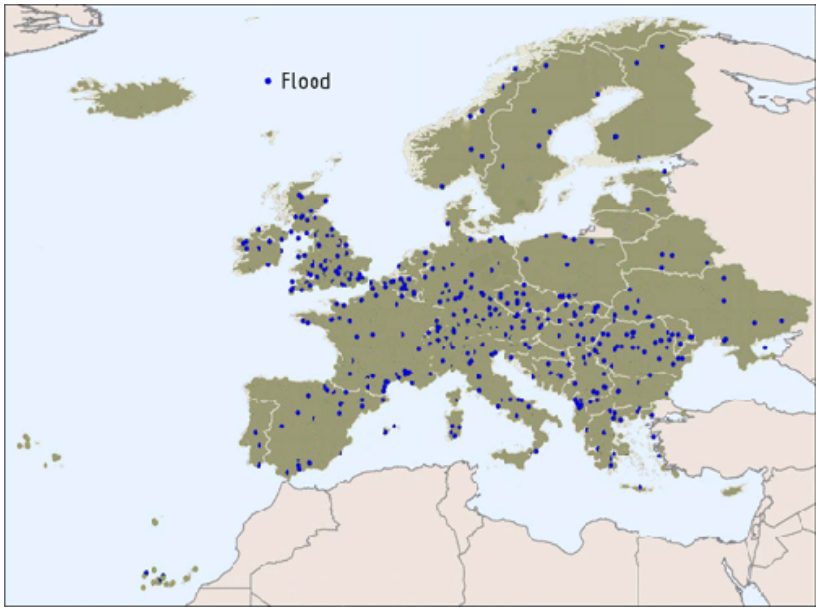
IMPLEMENTATION OF DIRECTIVE 2007/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL ON THE ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF FLOOD RISKS. FLOOD RISK MAP OF LEVICE TOWN.

Annotation: The aim of this paper is to describe the risk analysis as a tool for flood risk management and present the results of creating the risk map of Levice town.
Key words: flood, risk analysis, hazard map, 2D model, GIS, risk map

---

1. ÚVOD

Čo sa týka prírodných katastrof, pre krajiny strednej Európy sú najväčšou priamou hrozbou povodne [5]. Z historických prameňov, ale aj zo skúseností po sériách katastrofických povodní v posledných rokoch môžeme konštatovať, že pri povodniach v našej oblasti dochádza k obrovským materiálnym, kultúrnym, spoločenským a ekonomickým škodám, často dokonca aj k stratám na životoch (júl 1998, Jarovnice, 50 obetí, júl 1999 - 2 obete, júl 2001 - 1 obeť, leto 2004 - 2 obete, marec 2005 - 2 obete, júl 2008 - 2 obete [8]).



Obr. 1 Povodne v Európe 1980 - 2006 [Zdroj: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo RisksResearch, 2007]

Povodniam sa nikdy celkom nevyhneme. Môžeme sa len pokúsiť minimalizovať škody, ktoré povodne spôsobujú, predovšetkým ochranou urbanizovaných území.
Pre posúdenie miery protipovodňovej ochrany a zodpovedajúcich protipovodňových opatrení sa v súčasnosti využívajú metódy matematického modelovania a metódy rizikovej analýzy. Tieto metódy sa v posledných rokoch dostávajú do popredia záujmu vodohospodárov a nachádzajú podporu aj v legislatíve. Jednotlivé čiastkové problémy, ktoré súvisia s hodnotením povodňového rizika sa stali hlavnou témou rôznych výskumných projektov u nás aj v zahraničí [5].

2. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Rozvoj metód rizikovej analýzy je úzko spojený s klasifikáciou územia podľa jeho zraniteľnosti, matematickým modelovaním zrážkovo-odtokových procesov a prúdenia vody v korytách a inundácii a hodnotením škôd.
Význam metód rizikovej analýzy a dôležitosť problematiky protipovodňovej ochrany dokazuje aj prijatie Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z o hodnotení a manažmente povodňových rizík. Táto smernica vyžaduje vytvorenie účinných nástrojov, ktoré budú poskytovať informácie o povodňovom riziku a umožnia stanoviť priority pre prijímanie ďalších rozhodnutí, ktoré sa týkajú zvládania povodňového rizika. V súlade s touto smernicou sa pre každé povodie rieky vyžaduje vypracovanie integrovaných plánov manažmentu s cieľom dosiahnuť dobrý ekologický a chemický stav, čo prispeje k zmierneniu následkov povodní.
Metódy a postupy rizikovej analýzy sú vcelku dobre rozvíjané v Českej republike, kde v súčasnosti prebieha niekoľko projektov zameraných na hodnotenie povodňového rizika, stanovovanie povodňových škôd a ochranu ľudí a ich majetku v záplavovom území. Táto téma je rozpracovaná v monografii [Říha, 2005], a viacerých publikáciách [Drbal, 2006], [Dráb, 2006], [Korytárová, 2007].
Říha a kol. používajú napr. „metódy založené na vyjadrení maximálneho prijateľného rizika“, „metódy založené na matici rizika“, alebo „metódy založené na vyjadrení potenciálnych škôd“ [5].
Metódami založenými na vyjadrení maximálneho prijateľného rizika sa v skutočnosti nehodnotí miera prijateľného rizika, ale prijateľná veľkosť charakteristík priebehu povodne (hĺbka vody, rýchlosť vody). Mapa rizika potom vzniká prekrytím (overlay) mapy charakteristík povodne s mapou zraniteľnosti územia, určenou reprezentantmi územia. Výhodou tejto metódy je, že nevyžaduje podrobnejšie vstupné údaje v oblasti hodnotenia škôd a pre jej realizáciu postačia bežné vstupné hydrologické a hydraulické údaje a základné technické a softvérové vybavenie spracovávateľa.
Metódy založené na matici rizika predstavujú jeden z najjednoduchších postupov pre predbežné hodnotenie potenciálneho povodňového rizika. V tejto metóde je riziko považované za funkciu pravdepodobnosti prekročenia príslušnej povodne a tzv. intenzity povodne (IP), pričom IP je mierou ničivosti povodne, teda funkciou hĺbky vody a rýchlosti prúdenia. Táto metóda vyžaduje geodetický software pre vyhodnotenie záujmového územia a jeho digitalizáciu a takisto hydraulický software, najlepšie dvojrozmerný, pre vystihnutie charakteristík povodne. Táto metóda sa javí ako veľmi perspektívna pre ďalšie využitie v praxi.
Do skupiny metód založených na vyjadrení potenciálnych škôd patria semikvantitatívne aj kvantitatívne metódy hodnotenia rizika. Pri určovaní druhu povodňových škôd sa zohľadňujú pokiaľ možno všetky dôležité položky ako priame škody (úmrtie a zranenia, poškodenie stavebných objektov a technologických zariadení, škody v poľnohospodárstve, ekologické

škody) aj nepriame škody, ktoré zahŕňajú dôsledky priamych poškodení (požiar, kontaminácia nebezpečnými látkami, poškodenie v dôsledku pohybu trosiek a sutín...). Metóda vyžaduje začlenenie pracovníkov, ktorí sa zaoberajú teóriou pravdepodobnosti a matematickou štatistikou, ako aj ekonómov, psychológov a ďalších, ktorí prispejú k čo najpresnejšiemu stanoveniu škôd v záplavovom území. Tieto metódy sú zo všetkých najnáročnejšie, umožňujú však hodnotiť škody v záplavovom území a teda aj následne ekonomický prínos protipovodňových opatrení [5].
Na európskej úrovni predstavuje nové výsledky v oblasti výskumu projekt FLOODsite, ktorý dokumentuje súčasný stav poznania v odbore rizikovej analýzy a na svojej internetovej stránke poskytuje prístup k množstvu článkov a príspevkov s danou témou.
FLOODsite je „Integrovaný projekt“ v rámci priority „Global Change and Ecosystems” 6. rámcového programu EU pre vedu a výskum. Bol zahájený v roku 2004 a končí v roku 2009. Konzorcium zahŕňa 37 partnerov, medzi nimi špičkové výskumné inštitúcie a univerzity. Do projektu sú tiež zapojení manažéri, výskumníci a ľudia z praxe z vládnych, komerčných a výskumných organizácií, ktorí sú špecialistami na jednotlivé aspekty procesu znižovania rizika povodní. FLOODsite zahŕňa fyzikálne, environmentálne, ekologické a socio-ekonomické aspekty riečnych povodní, extrémnych hydrologických situácií v deltách riek a prílivových povodní. Pristupuje k riziku povodní ako ku kombinácii 3 hlavných faktorov: príčin rizika povodní, priebehu povodní a ich dopadov na „receptory“ – obyvateľstvo, majetok a životné prostredie. FLOODsite sa tiež zameriava na odovzdávanie výsledkov výskumu do praxe prostredníctvom výukových materiálov projektu pre odborníkov aj pre širokú verejnosť.
V októbri 2009 sa v Sofii konala medzinárodná vedecká konferencia s názvom „Flood Risk Directive: Austrian and Bulgarian Approaches to Implementation“, čo len potvrdzuje to, že táto téma je vysoko aktuálna a je dôležité zabezpečiť komunikáciu a spoluprácu odborníkov zo všetkých členských krajín Európskej Únie a takisto do tejto činnosti zapájať aj študentov a mladých vedeckých pracovníkov.
Na Slovensku sa ochrana pred povodňami riešila doteraz ako prípadové štúdie, výskumné úlohy alebo vedecko-technické projekty, ktoré sa zaoberali iba rozsahom obmedzenými časťami povodí. Smernica 2007/60/ES však obsahuje úlohy, na ktorých riešenie nemáme vypracované dostatočné metodické postupy a s ich riešením nemáme praktické skúsenosti. Navyše, členské štáty majú za úlohu do 22. decembra 2012 ukončiť predbežné hodnotenie povodňového rizika a najneskôr do 22. decembra 2013 dokončiť mapy povodňového ohrozenia a povodňového rizika. V súčasnosti už existuje niekoľko pilotných projektov, ktoré sa snažia implementovať smernicu 2007/60/ES (návrh projektu *APVV-0171-07*, STU, SVP, š.p. OZ Bratislava, DHI Slovakia s.r.o. a EUROSENSE, s.r.o. [1]; *APVV-0234-07*, DHI Slovakia s.r.o., 2008 [2])

3. ZÁKLADNÉ POJMY RIZIKOVEJ ANALÝZY

Ohrozenie (hazard) – je stav, ktorý môže potenciálne spôsobiť nežiaduce následky. Je to hrozba javu, ktorý vyvolá straty na životoch, majetku, zranenia, poškodí životné prostredie, infraštruktúru, priemysel a podobne. Ohrozenie môže byť priame a nepriame.
Zraniteľnosť (vulnerability) – je náchylnosť objektu k poškodeniu v dôsledku malej odolnosti voči pôsobeniu extrémneho zaťaženia, resp. objekt má slabinu, ktorá môže umožniť jeho poškodenie.
Expozícia (exposure) – je doba, počas ktorej je objekt (príroda, ľudia a ich majetok...) vystavený pôsobeniu nepriaznivého javu (povodni).

Riziko (risk) – je pravdepodobnosť výskytu nežiaduceho javu a nepriaznivých dopadov na životy, zdravie, majetok alebo životné prostredie. Riziko je kombináciou nebezpečenstva, zraniteľnosti a expozície.
Prijateľné riziko (acceptable risk) – je miera rizika, ktorú je ohrozený jedinec (alebo spoločnosť) ochotný prijať a tolerovať.
Analýza rizika je systematický postup, pri ktorom sa využívajú všetky dostupné informácie týkajúce sa daného problému (t.j. ochrana pred povodňami). Jej cieľom je identifikovať nežiaduce udalosti, zistiť ich príčiny a následky, určiť mieru pravdepodobnosti výskytu a kvantifikovať mieru rizika [5]. Jedným z možných výstupov analýzy rizika je mapa rizika.

4. HODNOTENIE POVODŇOVÉHO RIZIKA

Podľa čl. 4 smernice 2007/60/ES [7] majú členské štáty vykonať predbežné hodnotenie povodňového rizika pre každé správne územie povodia. Predbežné **hodnotenie povodňového rizika** je založené na informáciách, ktoré sú dostupné, alebo ich možno ľahko získať, ako sú záznamy a štúdie dlhodobého rozvoja, najmä vplyv klimatických zmien na výskyt povodní.
Členské štáty majú pripraviť na úrovni správneho územia povodia mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika v najvhodnejšej mierke. **Mapy povodňového ohrozenia** zahŕňajú – rozsah povodne, hĺbky prípadne hladiny vody a ak je to vhodné, rýchlosti prúdenia toku alebo príslušný prietok.
Kombináciou mapy ohrozenia a územného plánu (počet ohrozených obyvateľov, využitie územia, dôležité objekty) vzniká mapa rizika.
Mapy povodňového rizika uvádzajú potenciálne nepriaznivé dôsledky spojené s povodňami vyjadrené týmito údajmi: orientačný počet potenciálne postihnutých obyvateľov, druh hospodárskej činnosti v potenciálne postihnutej oblasti, zariadenia, ktoré by mohli v prípade zaplavenia spôsobiť havarijné znečistenie a potenciálne postihnuté chránené oblasti, iné užitočné informácie (uvedenie oblastí, v ktorých sa môžu vyskytnúť povodne s vysokým obsahom transportovaných sedimentov a povodne unášajúce rôzne predmety, informácie o ďalších významných zdrojoch znečistenia).
V prípade, že je v danej oblasti riziko väčšie, než prijateľné, je potrebné dať podnet pre návrh protipovodňových opatrení.

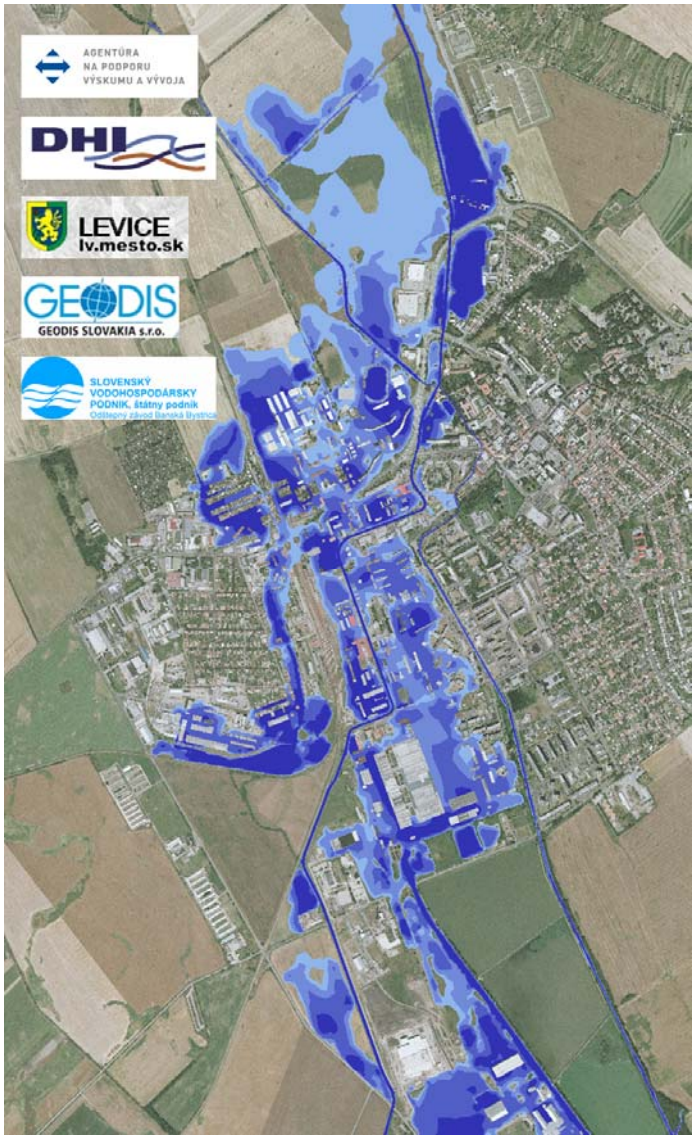
5. ZÁKLADNÉ OKRUHY VSTUPNÝCH PODKLADOV PRE RIZIKOVÚ ANALÝZU:

1. geografické údaje – papierové mapy, terénne merania, diaľkový prieskum Zeme
    - základné kartografické údaje,
    - katastrálne údaje, tematické odborové údaje
    - digitálne modely terénu
2. hydrologické údaje – negrafické údaje, ktoré sa viažu k určitému miestu (merný profil ap.)
    - hydrologické charakteristiky povodia, Q_{kul}, Q_N, objemy povodňových vĺn ...
3. podklady pre určenie rozsahu potenciálnych povodňových škôd
    - údaje o rozsahu záplavy (hĺbka vody, rýchlosť vody, čas zaplavenia)
    - údaje o dôležitých objektoch
    - údaje o sociálnej skladbe obyvateľov
    - údaje pre stanovenie škôd (znalecké posudky...)
    - údaje o možných dôsledkoch na prírode a krajine
4. ostatné- rekognoskácia terénu, fotografie, videozáznamy, nákresy...

- výkresová dokumentácia dôležitých objektov,
- GIS ... [6]

6. TVORBA MAPY POVODŇOVÉHO OHROZENIA

V súčasnosti najvhodnejším spôsobom, ako získať informácie o hĺbkach a rýchlostiach vody súčasne, je tvorba hydrodynamického 2D modelu. Na zostavenie 2D modelu a modelové simulácie pre mesto Levice bol použitý softvérový nástroj MIKE 21 FM vyvinutý firmou DHI. Prostriedok MIKE 21 FM je dvojrozmerný matematický model neustáleného prúdenia s flexibilnou výpočtovou sieťou . Bol vyvinutý spoločnosťou DHI a predstavuje komplexný simulačný prostriedok pre dvojrozmerné modelovanie prúdenia s voľnou hladinou. Je založený na riešení dvojrozmerných RANS (Reynolds averaged Navier-Stokes) rovníc, integrovaných po hĺbke. Numerické riešenie spočíva v diskretizácii pomocou metódy konečných objemov, kde priestorová doména je diskretizovaná rozdelením na neprekrývajúce sa prvky (trojuholníky, alebo rovnobežné štvoruholníky). Závislé premenné systému sú reprezentované ako konštanta pre celý prvok a vzťahujú sa k stredu prvku. Výstupom a výsledkom modelu MIKE 21 FM sú výška úrovne hladiny, smer a vektory prúdenia v X, Y smere vo výpočtových bodoch modelovanej oblasti pre príslušné časové kroky, hodnoty hĺbok, ako aj merné prietoky, všetko vo forme máp, grafov a číselných hodnôt. Výstup z modelu umožňuje získať reálny pohľad na hydraulické podmienky počas záplavy. Prináša informácie o priebehu povodňovej vlny, zmenách rozsahu a výšky hladiny vody na modelovanom území, rozdelení rýchlostí a smerov prúdenia v celej oblasti [3].

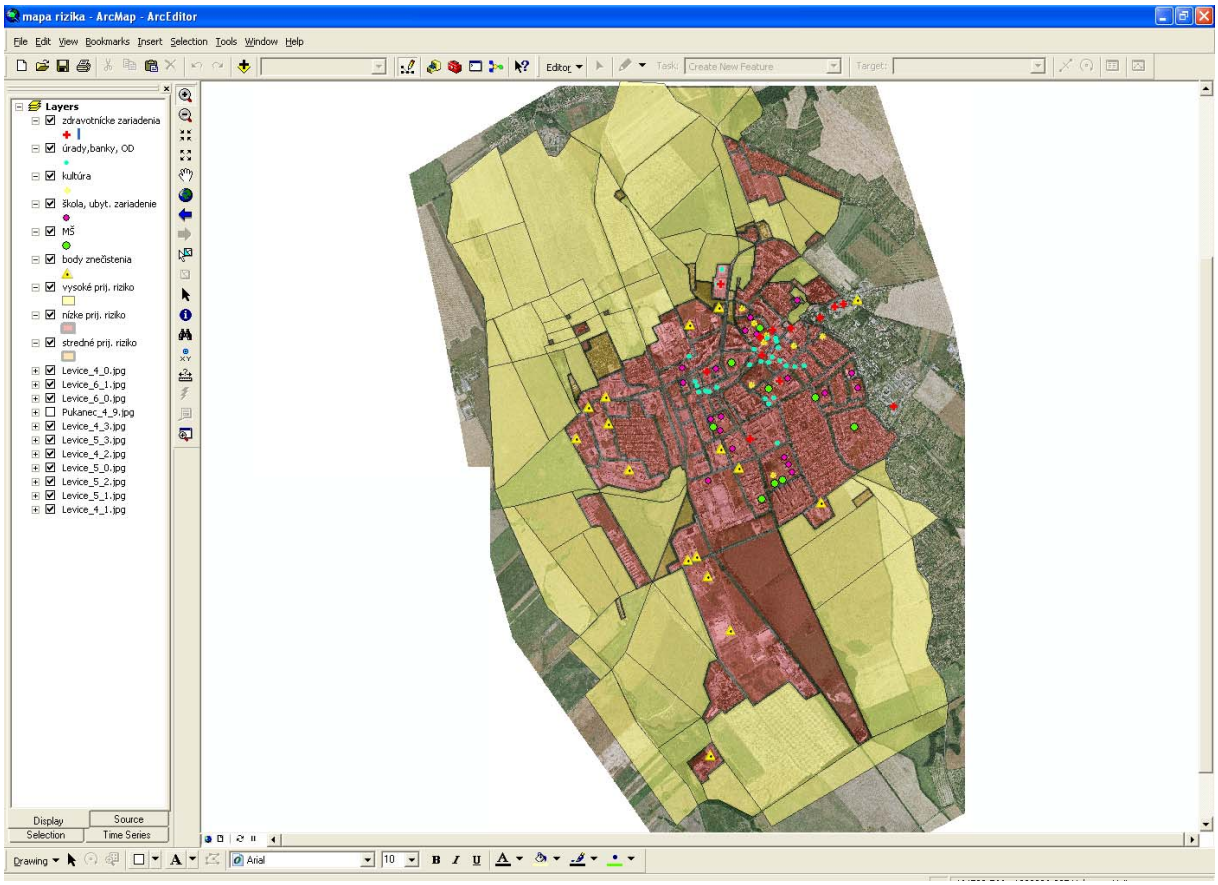


Obr. 2 Základný vstup pre tvorbu mapy rizika – záplavová 2D mapa, povodňová vlna s prietokom Q_{1000} v meste Levice (DHI Slovakia)

7. TVORBA MAPY ZRANITEĽNOSTI ÚZEMIA

Okrem záplavovej mapy bola pre mesto Levice vypracovaná aj mapa zraniteľnosti. Mapa zraniteľnosti je pomocná mapa pri vytváraní mapy rizika, ktorá člení záujmové územie podľa výšky prijateľného rizika a zároveň zobrazuje dôležité objekty. Táto mapa bola vytvorená

pomocou nástroja ArcGIS 9.3. Na ortofotomapovom podklade bolo vytvorených deväť shapefile súborov, tri polygónové a šesť bodových. Mesto bolo rozdelené na časti s nízkym, stredným a vysokým prijateľným rizikom povodňového ohrozenia, podľa toho, aký typ činnosti je pre dané územie charakteristický. Červenými polygónmi sú vyznačené oblasti, kde sa toleruje len minimálne riziko záplavy – zastavané a obývané územie, plochy výroby a priemyslu, plochy občianskej a technickej vybavenosti, vodné zdroje a podobne. Oranžovou sú vyznačené plochy so stredným prijateľným rizikom záplavy, napríklad záhradky, niektoré komunikácie alebo neobývané objekty mimo mesta. Žltými polygónmi sú zobrazené plochy, kde je tolerované aj vysoké riziko zaplavenia, prípadne aj tie, ktoré budú pri povodni využívané na cielené zaplavovanie, teda lúky, lesy, poľnohospodárska pôda, pasienky a podobne (Obr.3.).



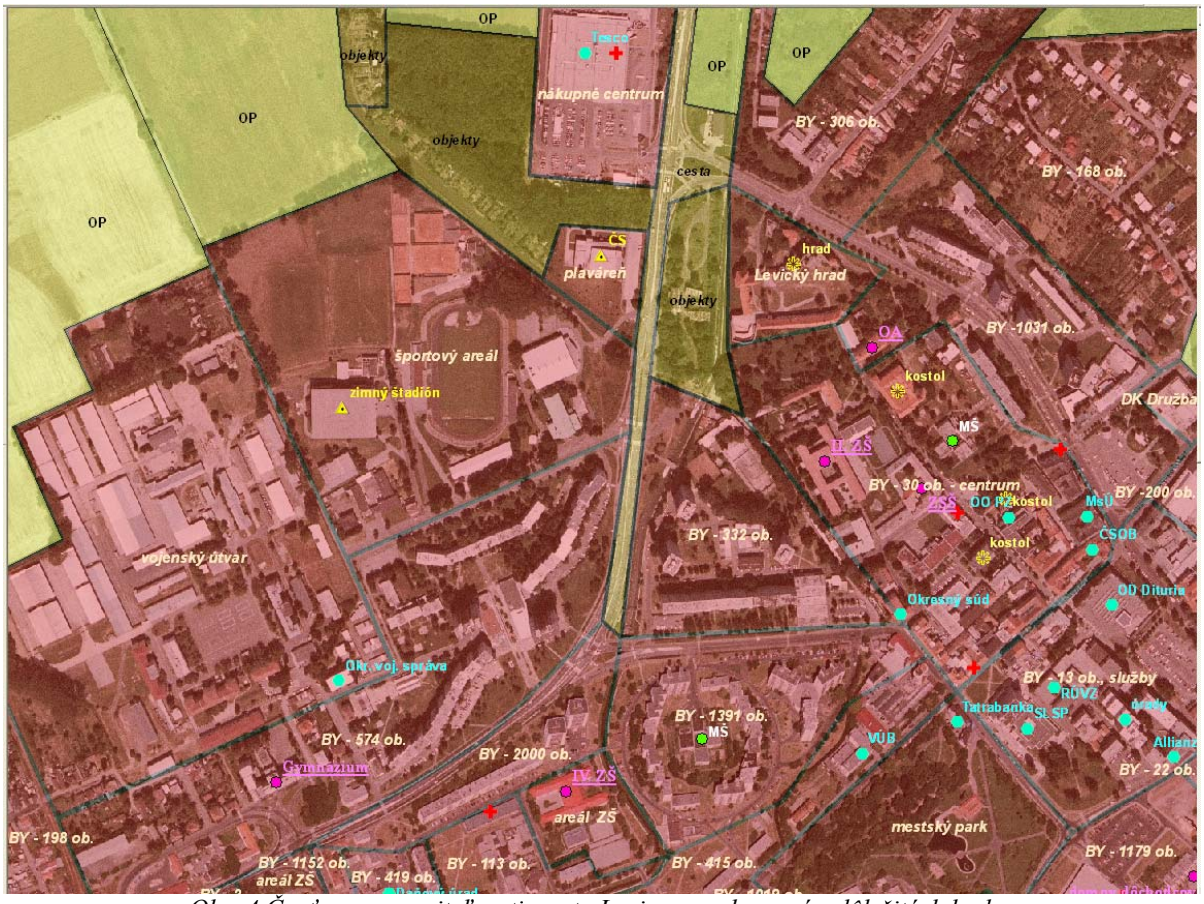
Obr. 3 Mapa zraniteľnosti mesta Levice (ArcGIS 9.3)

Každý polygón je opatrený tzv. atribútom, čo v podstate môže byť akákoľvek kvantitatívna alebo kvalitatívna vlastnosť daného prvku (polygónu). Atribútom týchto polygónov sú informácie o počte trvalo žijúcich obyvateľov, ak je to plocha pre bývanie (BY), prípadne informácia o tom, aký iný typ funkčného využitia územia to je (športový, školský, priemyselný areál, nákupné centrum, park, stavenisko, orná pôda (OP), vodná plocha a pod) . Ďalšou informáciou, ktorú táto mapa obsahuje, je poloha všetkých dôležitých „zraniteľných“ objektov, znova aj s ich atribútmi. V tomto prípade sú objekty zobrazené ako body a ich atribútom je popis. Každý typ objektu má svoj vlastný shapefile súbor, aby bola možná ich rýchla a jednoduchá identifikácia podľa legendy. Napríklad školy sú označené ružovým krúžkom, materské školy zeleným, úrady a iné verejné budovy modrým krúžkom, zdravotnícke zariadenia červeným krížom, body znečistenia ako čerpacie stanice alebo zimný štadión, kde sa nachádza 6 ton čpavku, čierno-žltou značkou (obr. 4). Pri väčšine škôl je k dispozícii aj informácia o počte žiakov, pre účely prípadného riadenia evakuácie.

Informácia o počte osôb v objekte je takisto dôležitá pri objektoch ako zdravotnícke zariadenia, materské školy, domovy dôchodcov alebo ústav sociálnej starostlivosti.

8. TVORBA MAPY RIZIKA

Mapa rizika vzniká „prekrytím“ údajov o zraniteľnosti (obr. 3) s mapou povodňového ohrozenia (obr. 2). Toto je možné realizovať opäť nástrojom ArcGIS. Mapa je rozsahom totožná so záplavovou mapou, obsahuje však všetky informácie z mapy zraniteľnosti. Tento postup v podstate patrí k metódam založeným na vyjadrení maximálneho prijateľného rizika popísaným v [5].



Obr. 4 Časť mapy zraniteľnosti mesta Levice s vyobrazením dôležitých bodov

9. ZÁVER

Hodnotenie povodňového rizika a s tým súvisiace aktivity, ktoré napĺňajú smernicu Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík sa dostávajú do popredia záujmu odborníkov vo vodnom hospodárstve.
Je zrejmé, že metódy rizikovej analýzy podložené výsledkami z matematického modelovania budú zohrávať významnú úlohu či už pri predbežnom hodnotení povodňového rizika, ako aj pri tvorbe máp povodňového rizika. Väčšina metód je však dosť náročná, či už na softvérové vybavenie, alebo aj na kvalifikovaných odborníkov v jednotlivých oblastiach. Takisto získanie potrebných vstupných údajov pre matematický model býva finančne aj technicky náročné (ortofotomapy, digitálny model terénu, hydrologické údaje, zameranie toku...).

V tejto práci sa zameriavam najmä na popis súčasného stavu riešenej problematiky u nás aj v zahraničí a jednoduchý popis postupu tvorby mapy rizika pre vytipovanú lokalitu.
Riziková analýza ako súčasť manažmentu povodňového rizika, by mala byť potom nasledovaná v ďalšej fáze druhou etapou, označovanou ako zvládanie rizika, ktorého súčasťou je aj hodnotenie potenciálnych povodňových škôd, návrh konkrétnych protipovodňových opatrení a zhodnotenie ich ekonomického prínosu (napr. „cost – benefit“ analýzou).

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0234-07 a súvisí s riešením projektu Povodeň v meste – nástroj pre podporu rozhodovania (VESNA).

Literatúra

[1] APVV-0171-07 Aplikácia metód matematického modelovania pri implementácii smernice EÚ – Hodnotenie a manažment povodňových rizík, Slovenská technická univerzita, SVP, š.p., OZ Bratislava, DHI Slovakia s.r.o., EUROSENSE s.r.o., 2007.
[2] APVV-0234-07 Povodeň v meste – nástroj pre podporu rozhodovania (VESNA), DHI Slovakia s.r.o., 2009.
[3] DHI Slovakia (Ing. Martin Mišík, PhD., Mgr. Marek Ando, PhD., Ing. Marián Kučera) - Mapy povodňového ohrozenia mesta Banská Bystrica, Bratislava 2009.
[4] Květon, R.: Matematické modelovanie prúdenia vody v otvorených korytách, Habilitačná práca, Bratislava 2006.
[5] 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, 80-7204-404-4.
[6] Riziková analýza záplavových území, Seminář 2002-sborník příspěvků, Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně, Sešit 2, ECON Publishing, s.r.o., 2002.
[7] Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík z 23.10. 2007.
[8] http://www.svet.czsk.net/clanky/sr/povodneretro.html

Katarína Cipovová: IMPLEMENTATION OF DIRECTIVE 2007/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL ON THE ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF FLOOD RISKS. FLOOD RISK MAP OF LEVICE TOWN.

Flooding is the most common natural hazard in Europe. The Centre of Research on Epidemiology of Disasters (CRED) recorded 188 flood events for the period 1980 to 2000 (www.cred.be). Nowadays floods cause half of all deaths caused by natural disasters, but the frequency and magnitude of flooding is likely to increase for the coming generations.
While designing flood protection works it is necessary to compare the range of protected area with probable occurrence of flood damages. Present tool for flood risk management is so-called “risk analysis” based on principles of the probability theory, mathematical modelling and classification of the endangered area.
In accordance with the directive 2007/60/EC it is required to develop river basin management plan for each river basin district in order to achieve good ecological and chemical status, and

it will contribute to mitigating the effect of floods. It is necessary to create flood hazard maps and flood risk maps showing the potential adverse consequences associated with different flood scenarios, including information on potential sources of environmental pollution as a consequence of floods.
Flood hazard map shows the flood extent, water depths or water levels and flow velocity, where appropriate. Flood risk map shows the indicative number of inhabitants potentially affected, type of economic activity of the area potentially affected and other useful information.
The aim of this paper is to describe the risk analysis and the procedure of creating the flood risk map of the Levice town in Slovakia in accordance with the directive 2007/60/EC. Primary it is necessary to create a 2D mathematical model by using MIKE 21 tool and land-use map with all the important items and useful information for flood protection management (like number of inhabitants, location of polluters, schools, health care institutions etc.) using ArcGIS 9.3.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0234-07.

Ing. Katarína Cipovová
Katedra hydrotechniky Stavebnej fakulty STU
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
katarina.cipovova@stuba.sk