

Využitie matematických modelov a nástrojov hydroinformatiky v manažmente povodňových rizík

Ing. Martin Bačík, PhD. – Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., OZ Bratislava
Ing. Martin Mišík, PhD., Ing. Marián Kučera – DHI Slovakia

Abstrakt

Povodňové plánovanie a manažment patria k hlavným činnostiam správcov tokov. Pre túto oblasť sa pripravuje aj príslušná európska legislatíva vo forme smernice. Slovenský vodohospodársky podnik má v súlade s pripravovanou smernicou vypracovanú koncepciu a zásady pre mapovanie inundačných území tokov. Matematické modely a nástroje hydroinformatiky poskytujú možnosti pre všetky fázy cyklu povodňového manažmentu so zameraním na prevenciu, ochranu, pripravenosť, s prihliadnutím na vlastnosti jednotlivých povodí. V súčasnosti je k dispozícii široká škála nástrojov na spracovanie a prípravu dát, matematické modelovanie zrážkovo-odtokových procesov v povodí a prúdenia v korytách tokov a inundačných územiach, mapovanie povodňových rizík, posúdenie účinkov rôznych protipovodňových opatrení, až po integrálne systémy pre podporu rozhodovania. DHI softvér ponúka prakticky celú škálu týchto nástrojov. Príspevok popisuje súvisiace problémy vodohospodárskej praxe a možnosti uvedených nástrojov pri ich riešení.

1. Úvod

Povodne v Európe tvorili počas obdobia rokov 1998 ÷ 2002 až 43 % všetkých katastrof [11]. V tom období sa v Európe vyskytlo približne sto významných povodní, ktoré si vyžiadali asi 700 ľudských životov, evakuáciu takmer pol milióna obyvateľov a viac ako 25 miliárd € poistených ekonomických škôd. V Slovenskej republike sa len počas obdobia kratšieho ako 13 mesiacov, od júla 1998 do júla 1999 vyskytli prakticky vo všetkých regiónoch štátu extrémne povodne s tragickými následkami a obrovskými materiálnymi škodami. Povodne postihli 727 obcí a miest, o život pripravili 54 ľudí a zranenia utrpelo 129 osôb. Z ohrozených oblastí bolo evakuovaných 5 040 ľudí. Voda zaplavila 23 491 domov, z nich bolo 683 vážne poškodených alebo celkom zničených a bez prístrešia zostalo 1 361 ľudí. Voda zaplavila územie o rozlohe 233,46 tis. ha. Záplavy poškodili 3 080 km ciest a povodne zničili 109 mostov. Celkové priame škody len počas uvedeného obdobia boli vyčíslené na viac ako 5,5 mld. Sk. [12].

V súčasnosti sa na celej Zemi zreteľne prejavujú dva základné trendy naznačujúce, že v nadchádzajúcom období sa bude zväčšovať nebezpečenstvo povodní, lebo:

- a) v dôsledku urbanizácie preriečnych zón je oproti minulosti pozitívne dokázaná vyššia zraniteľnosť nárastom počtu ľudí žijúcich v oblastiach potenciálne ohrozovaných záplavami a rozširovaním ich ekonomických aktivít;
- b) frekvencia a veľkosť sa pravdepodobne budú stupňovať v dôsledku dlhodobej prirodzenej variability počasia (asi nastupuje „mokrú“ fázu) a v niektorých scenároch predpokladaných možností zmien klímy (oteplenie v dôsledku pôsobenia skleníkového efektu zvýši nestálosť počasia, všeobecne sa očakáva vyššia intenzita zrážok a nárast výskytu príválov vody) [9].

2. Medzinárodné a národné akčné programy ochrany pred povodňami

Rieky nepoznajú politické a ani administratívne hranice, v Európe je 70 % sladkej vody v povodiach ležiacich vo viacerých štátoch [10]. Z týchto dôvodov v ostatných rokoch nadobúda riešenie otázok ochrany pred povodňami čoraz širší medzinárodný rozmer a zvyšuje sa tlak na realizáciu systémovo pôsobiacich komplexných opatrení.

2.1. Akčné programy ochrany pred povodňami v medzinárodných povodiach

Cieľom medzinárodných akčných programov trvalo udržateľnej ochrany pred povodňami je zvýšenie efektívnosti ochrany vzájomnou koordináciou navrhovaných a realizovaných opatrení. V Európe prijali prvý medzinárodný program protipovodňovej ochrany v povodí Rýna na konferencii ministrov v Rotterdame v januári 1998 [3] a v roku 2001 prijali v Štrasburgu program Rýn 2020 [14], ktorý predstavuje integrovaný ekologický a vodohospodársky plán Novej rýnskej konvencie. Hlavným cieľom Rýnskeho akčného plánu ochrany pred povodňami je redukcia škôd spôsobovaných povodňami s rešpektovaním zásad ochrany prírody a krajiny. Dominantné ciele Akčného plánu sú redukcia povodňových škôd, zníženie vodných stavov pri povodniach, zvýšenie povedomia z hrozby povodní u obyvateľstva (najmä mapy území ohrozovaných povodňami) a zdokonalenie hydrologického predpovedného systému.

Akčný plán povodňovej ochrany v povodí Labe až po hat' Geesthacht bol vypracovaný na základe vyhodnotenia poznatkov o povodniach v auguste 2002 [2]. Dokument prijali na 16. zasadnutí Medzinárodnej komisie na ochranu Labe (MKOL) v Erfurte v októbri 2003 a obsahuje zásady na zvýšenie retenčného účinku v povodí a na určenie, vyhlásenie a využívanie záplavových území. Ďalej určuje úlohy na vypracovanie štúdií na zisťovanie povodňových rizík a škôd, na obnovu pôvodných záplavových plôch, vytvorenie ďalších retenčných priestorov a na posúdenie vplyvu účinkov veľkých údolných nádrží na Vltave. Ohře a Sále na priebeh povodní v Labe.

Úloha Medzinárodnej komisie na ochranu Dunaja (ICPDR) vyplýva z Dohovoru o spolupráci na ochrane a trvalo udržateľnom využívaní Dunaja, ktorý bol podpísaný v Sofii v roku 1994. Dohovor nadobudol účinnosť v roku 1998 a v súčasnosti má 13 signatárov (Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Česká republika, Chorvátsko, Maďarsko, Moldavsko, Nemecko, Rakúsko, Rumunsko, Slovensko, Slovinsko, Srbsko a Čierna Hora a Ukrajina), 14 účastníkom dohovoru je Európska únia. Členské štáty ICPDR majú veľmi rozdielne vodohospodárske tradície, reálnu prax, legislatívne a ekonomické podmienky, napriek tomu sa však dokázali dohodnúť na koordinovaných postupoch. Akčný program trvalo udržateľnej ochrany pred povodňami v povodí Dunaja bol prijatý na konferencii ministrov vo Viedni v decembri 2004 [1]. Akčný program ochrany pred povodňami v povodí Dunaja je v porovnaní s akčnými plánmi prijatými v povodiach Labe a Rýna diplomaticky koncipovaný mierne všeobecnejšie. Obsahuje odporúčania a prehľady postupov potrebných na zostavovanie akčných plánov ochrany pred povodňami v čiastkových povodiach Dunaja. Rozhodnutia o štruktúre a o implementácii akčných plánov čiastkových povodí plne zostávajú v právomoci orgánov zodpovedných za ochranu pred povodňami v jednotlivých podunajských štátoch. Podobné medzinárodné akčné plány (programy) trvalo udržateľnej ochrany pred povodňami sú vypracované aj v povodiach Odry, Maas (Meuse) a Šeldy (Scheldt/Escaut) [10].

2.2. Návrh smernice Európskej únie o manažmente povodňových rizík

Prijatím Rámcovej smernice o vode (2000/60/EC; WFD) [6] Európska únia formulovala politiku v oblasti ochrany vôd. Smernica sa podrobne zaoberá ochranou kvality vôd, ale iba okrajovo sa dotýka otázok kvantity. Na druhej strane vytvorila vhodný legislatívny a inštitucionálny priestor na komplexný prístup k riešeniu problémov v prirodzených povodiach vodných tokov v celej Európe. V súčasnosti na úrovni Európskej únie neexistuje spoločný cieľovo orientovaný a koordinovaný prístup k manažmentu povodňového nebezpečenstva a zatiaľ sa potenciálne ohrozenie povodňami rieši len nepriamo v priestoroch vytvorených inými legislatívnymi predpismi a dohodami.

Po pustošivých povodniach v povodiach Dunaja a Labe a v južnom Francúzsku v lete roku 2002 nasmerovali viaceré členské štáty Európskej únie pozornosť Výboru ministrov pre

životné prostredie na prevenciu a ochranu pred povodňami. V júli roku 2004 uverejnila Európska komisia správu o manažmente povodňového nebezpečenstva, prevencii, ochrane a zmiernovaní povodní [8]. Správa navrhovala vypracovať a implementovať spoločný Akčný program manažmentu povodňového nebezpečenstva Európskej únie. V prvej etape prípravy Európskeho akčného programu ochrany pred povodňami práce vychádzali z externých štúdií, ktoré v júni 2005 odovzdali konzultantské organizácie Európskej únie [7] a z informácií a podkladových materiálov doručených z členských štátov, z kandidátskych krajín a z krajín EFTA. Počas nasledujúcich rozsiahlych konzultácií sa spoločne podarilo identifikovať problém a dosiahnuť konsenzus v hlavných bodoch. V návrhu smernice sú definované tri základné fázy riešenia problematiky ochrany pred povodňami [13]:

1. Predbežné celoplošné hodnotenie zraniteľnosti celého územia každého povodia povodňami a identifikovanie povodí alebo ich častí, v ktorých je:
 - a) malé nebezpečenstvo povodní a riziká vyplývajúce zo záplav majú prijateľnú mieru;
 - b) významné nebezpečenstvo povodní a treba prijať opatrenia na jeho zmiernenie.Predbežné hodnotenie budú musieť členské štáty Európskej únie dokončiť do troch rokov od nadobudnutia účinnosti smernice, pričom sa jej prijatie predpokladá v závere roku 2006, prípadne počas roku 2007.
2. Na mapách zobrazit' územia ohrozené povodňami, ich intenzitu a riziká vyplývajúce zo záplav v termíne do 22. decembra 2013.
3. Vypracovať plány manažmentu povodňového nebezpečenstva, v ktorých budú navrhnuté štrukturálne, neštrukturálne a organizačné opatrenia na zmiernenie rizík a nepriaznivých následkov povodní v termíne do 22. decembra 2015.

Rokovania o návrhu smernice začali 20. januára 2006 na úrovni pracovnej skupiny Rady Európy pre životné prostredie a v súčasnosti intenzívne prebiehajú.

2.3. *Legislatíva Slovenskej republiky o manažmente povodňových rizík*

Rámcová smernica o vode (2000/60/EC) bola do právneho systému Slovenskej republiky implementovaná vodným zákonom [16]. Rovnako ako smernica Európskej únie, ani vodný zákon systémovo nerieši problematiku ochrany pred povodňami. Zákon je však pozitívnym prínosom v tom, že v § 46 definuje inundačné územie ako ... *územie priľahlé k vodnému toku, zaplavované vyliatím vody z koryta, vymedzené záplavovou čiarou najväčšej známej alebo navrhovanej úrovne vodného stavu*. Vodný zákon ďalej stanovuje, že rozsah inundačného územia určuje orgán štátnej vodnej správy na návrh správcu vodného toku a môže mu uložiť povinnosť vypracovať a predložiť takýto návrh. Orgán štátnej vodnej správy, ktorý určil inundačné územie, odovzdáva mapovú dokumentáciu tohto územia príslušným stavebným úradom.

Legislatíva Slovenskej republiky doplnila medzery vo vodnom zákone prijatím samostatného zákona o ochrane pred povodňami [17]. Tento zákon upravuje organizáciu ochrany pred povodňami, pôsobnosť orgánov štátnej správy ochrany pred povodňami, práva a povinnosti právnických a fyzických osôb pri činnostiach súvisiacich s poskytovaním pomoci pri ochrane pred povodňami a pri koordinácii týchto činností a ustanovuje sankcie za porušenie týchto povinností. K zákonu o ochrane pred povodňami sú vydané vykonávacie predpisy vo forme vyhlášok, ktorými sa upravujú podrobnosti o obsahu schvaľovaní a aktualizácii povodňových plánov, o predpovednej, hlásnej a varovnej povodňovej službe, o správach o priebehu a o následkoch povodní a o vykonaných opatreniach, o vyhodnocovaní a uhrádzaní škôd spôsobených povodňami, o náležitostiach manipulačných poriadkov vodných stavieb a o odbornom technicko-bezpečnostnom dozore nad vodnými stavbami.

Pojem *manažment rizika* sa dá definovať ako súhrn opatrení synergicky zameraných na zmiernenie negatívnych účinkov rizika, na jeho zníženie [15]. Manažment povodňového rizika je nikdy nekončiaci cyklus pozostávajúci z týchto krokov: prevencia → ochrana →

pripravenosť → reakcia na nebezpečenstvo → obnova → poučenie [10]. Z tohto pohľadu je manažment povodňových rizík v legislatíve Slovenskej republiky komplexne zabezpečený, hoci prijatie navrhovanej smernice Európskej únie si vyžiada novelizáciu zákona o ochrane pred povodňami alebo prijatie nového zákona.

3. Úloha máp území ohrozovaných povodňami v manažmente povodňových rizík

Mapy území ohrozených povodňami sú nenahraditeľnou pomôckou v týchto fázach manažmentu rizík:

1. V etapách prevencie a ochrany, pri hodnotení miery ohrozenia povodňami a potom pri navrhovaní opatrení a pri posudzovaní ich všeobecnej ochranej účinnosti a pri detailnom technicko-ekonomickom posudzovaní efektívnosti navrhovaných opatrení na základe hodnotenia pomeru náklady/úžitky.
2. V etape pripravenosti, kde sa plány zabezpečovacích prác orientujú predovšetkým na zaistenie oblastí, v ktorých sa predpokladá najväčšie ohrozenie povodňou.
3. V etape reakcie na nebezpečenstvo, ktorá musí zodpovedať rýchlosti a postupu záplavy. V plánoch záchranných prác je nevyhnutné vopred určiť spoľahlivé evakuačné trasy a zabezpečiť, aby náhradné ubytovacie priestory pre postihnuté obyvateľstvo, náhradné priestory na umiestnenie odsunutých zvierat a materiálu a priestory sústredenia mechanizmov určených na záchranné práce boli situované na bezpečných miestach.

V Slovenskom vodohospodárskom podniku, š. p., bol vypracovaný určitý systém máp území ohrozených povodňami, ktorý vychádza z platnej legislatívy Slovenskej republiky, ale v súčasnosti podľa platných zákonov *povinné druhy máp* dopĺňa o druhy, ktoré umožňujú zdokonaľiť celý systém manažmentu povodňových rizík (*Obr. 1*). Navrhnutý systém zatiaľ nie je prijatý, preto uvádzame iba jeho prvý pracovný návrh [4].

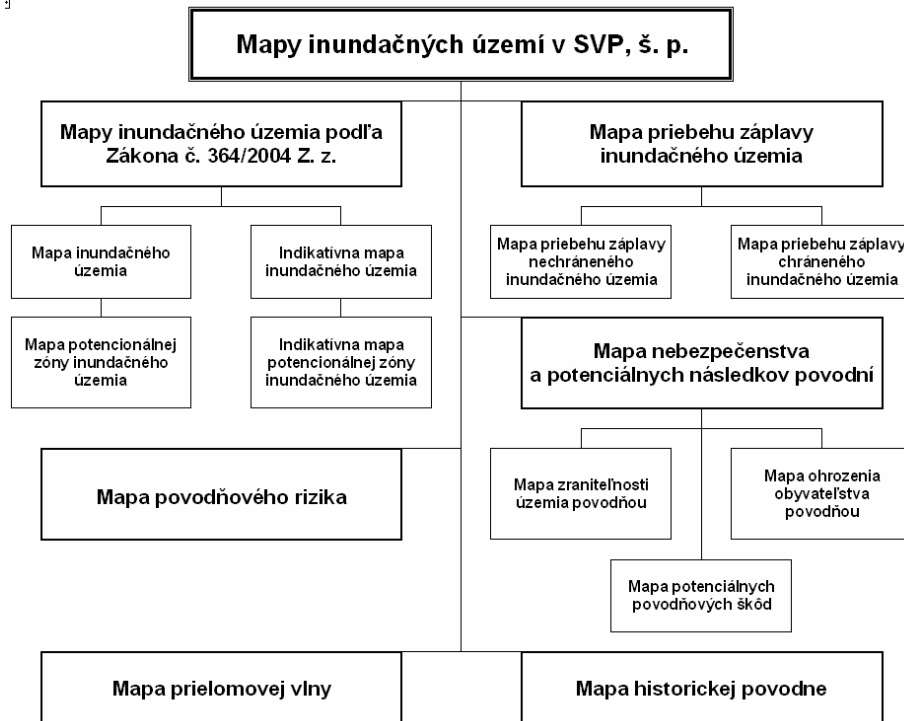
V navrhnutom systéme Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., by mali jednotlivé povodňové mapy zobrazovať tieto situácie:

1. Mapa inundačného územia zobrazuje rozsah záplavy, aká by pravdepodobne mohla nastať pri navrhovanej úrovni vodného stavu (pri kulminácii hladiny vody) počas ustálenia návrhového povodňového prietoku (spravidla Q_{100}). Pritom sa predpokladá, že celý systém ochrany pred povodňami v predchádzajúcom období splnil a aj počas aktuálnej povodňovej situácie bezchybne plní stanovené úlohy. Mapu inundačného územia možno zhotoviť:
 - a) na základe priebehu hladiny, ktorá je určená matematickým alebo fyzikálnym modelovaním;
 - b) indikatívne mapy na základe matematickej analýzy kulminačných hladín najväčších známych povodní v prípadoch, keď nie sú k dispozícii podklady na regulárne modelovanie (tieto mapy možno používať iba dočasne, sú určitým *východiskom z núdze*).
2. Mapa potencionálnej zóny inundačného územia zobrazuje hranicu, od ktorej vyššie alebo ďalej od koryta toku položené plochy by s veľmi vysokou pravdepodobnosťou nemali byť zasiahnuté vodou počas povodne vo vodnom toku. Záplava nastáva po prekročení projektovaných parametrov ochranných opatrení, pri vytvorení zátaras, ľadových bariér alebo pri poruche vodnej stavby. Ďalej sa predpokladá, že kulminačný prietok povodňovej vlny nemá strednú hodnotu, ale dosiahol hornú hranicu intervalového odhadu príslušnej priemernej doby opakovania. Aj v tomto prípade možno pri nedostatku podkladov potrebných na modelovanie priebehu hladiny určiť extrapoláciou hodnoverne zaznamenaných údajov o predchádzajúcich povodňových udalostiach (indikatívna mapa potencionálnej zóny inundačného územia).
3. Mapa povodňového rizika zobrazuje rozsah záplavy územia povodňovou vlnou, ktorej kulminačný prietok sa môže vyskytnúť alebo môže byť prekročený priemerne jeden raz

počas N rokov (môže sa opakovať priemerne jedenkrát počas N rokov). Odporúča sa používať $N = 5, 10, 20$ a 50 rokov.

4. Mapa priebehu záplavy inundačného územia zobrazuje časový postup záplavy a ústup vody zo zaplaveného územia. Na nechránenom území sa zobrazuje postup povodňovej vlny. Pri zhotovovaní mapy priebehu záplavy chráneného územia sa predpokladá deštrukcia ochranných stavieb na miestach vytypovaných v krízovom scenári.
5. Mapy nebezpečenstva a potenciálnych následkov povodní sa delia na tieto skupiny:
 - a) mapa zraniteľnosti územia povodňou zobrazuje hodnotenie potenciálneho povodňového nebezpečenstva na základe určenia hydrologických a hydrodynamických charakteristík prúdenia vody na inundačnom území (hlbka vody, rýchlosť, priemerná doba opakovania povodne a čas trvania záplavy);
 - b) mapa potenciálnych povodňových škôd zobrazuje mieru, v akej môžu záplavy spôsobiť materiálne škody na nechránených a na chránených územiach.;
 - c) mapa ohrozenia obyvateľstva povodňami.
6. Mapa historickej povodne zobrazuje významnú povodňovú udalosť s malou pravdepodobnosťou opakovania, ktorá sa na vyšetrovanom území vyskytla v minulosti. Mapami historickej povodne sú aj staré archívne dokumenty, ktoré na topografických podkladoch zobrazujú rozsah zaplaveného územia. Za historickú povodeň sa považuje každá povodňová epizóda, ktorá už skončila. Účelom mapy historickej povodne je zhromaždiť a vhodným spôsobom zobrazíť čo najširší okruh informácií o jej príčinách, o jej priebehu a o rozsahu zaplaveného územia. Z toho dôvodu sa odporúča k mape historickej povodne priložiť aj informatívne textové, tabuľkové, grafické a fotografické prílohy.
7. Mapa prielomovej vlny zobrazuje priebeh záplavy spôsobenej deštrukciou, porušením, alebo úplným zničením objektov a hrádzi vodných nádrží a zdrží, alebo ich častí. Vyhotovuje sa podľa samostatných predpisov a práca s nimi je podriadená osobitnému režimu.

3



Obr. 1. Návrh systému máp povodňami ohrozených území v Slovenskom vodohospodárskom podniku, š. p.

4. Nástroje pre mapovanie inundačných území

Súčasťou mapovania inundačných území je niekoľko etáp. Príprava a úprava dát do potrebných formátov, definovanie priebehu povodňovej hladiny, zistenie jej priesečníka s terénom, prípadné mapovanie ďalších veličín a vytvorenie konečného vzhľadu mapy. V týchto fázach sa využívajú rôzne softvérové nástroje, pričom produkty DHI Software účinne pokrývajú celú škálu od spracovania podkladov až po vytvorenie výsledných máp.

Základom pre mapovanie inundačných území je modelovanie priebehu povodňovej hladiny. Na väčšine riečnych úsekoch je adekvátne a praktické modelovanie s 1D schematizáciou, napríklad pomocou modelu MIKE 11. MIKE 11 je možné účinne využiť aj pre zložitejší popis územia, formou vetvenej 1D+ výpočtovej schémy. Na mnohých tokoch je zvlášť dôležité správne modelovanie hydraulických účinkov hydrotechnických objektov, mostov, či priepustov, ktoré často zásadne ovplyvňujú priebeh povodňových hladín.

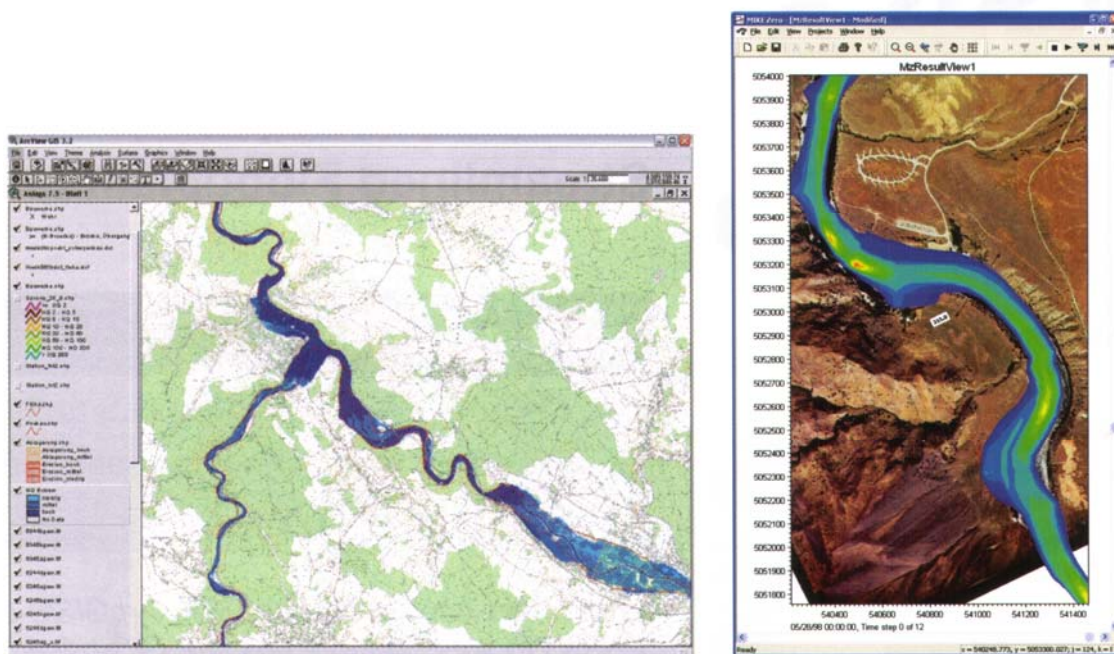
Na hydraulicky zvlášť komplikovaných riečnych úsekoch, tam kde môžu byť zaplavené rozsiahlejšie časti intravilánov miest, alebo na úsekoch a lokalitách kde sa vyžaduje zvlášť podrobný popis hydraulických veličín, je spravidla adekvátne využitie detailnejšieho 2D modelovania. Na to je vhodné využitie modelov radu MIKE 21, prípadne MIKE FLOOD, unikátne integrujúci 1D a 2D modelovanie. Hlavnou prednosťou 2D modelovania je možnosť detailnejšej simulácie obtekania rôznych prekážok a objektov, delenia prúdenia do rôznych ťažko predpovedateľných smerov a výstupy prinášajúce plošnú informáciu v celom záujmovom území o nadmorskej výške hladiny, hĺbke vody, ale aj o rýchlosti a smere prúdenia a o rozdelení merného prietoku.

Pri mapovaní inundačných území je kľúčovým dátovým podkladom digitálny model terénu (DMT). DMT s dostatočnou podrobnosťou a výškovou presnosťou je nutným podkladom pre aplikáciu špecializovaných softvérových nástrojov a vytvorenie korektných máp inundačných území.

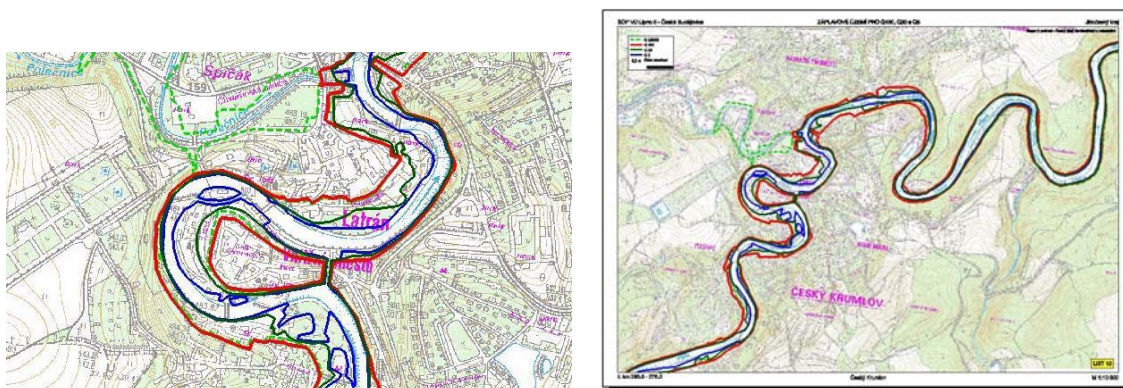
Na prípravu podkladov, ale aj zostavenie výslednej záplavovej mapy je možné využiť nástroj MIKE GIS (nadstavba MIKE 11). MIKE GIS umožňuje z digitálneho modelu terénu získať topografické dáta vo forme priečných profilov, ale aj vytvára plošné záplavové mapy a animácie na základe kombinácie DMT a výsledkov 1D simulácií. Na povodňové mapovanie na základe kombinácie DMT a výsledkov 1D modelovania slúži aj nástroj MIKE View Flood Mapping. Na prípravu dát pre hydraulické a hydrologické modely, ako aj na vymedzenie rozsahu inundačných území možno využiť aj ESRI ArcGIS® nadstavbový nástroj Watershed Analyst™. Okrem uvedených špecializovaných softvérových produktov, môžu byť vo fáze prípravy dát a prezentácie výsledkov nápomocné aj ďalšie nástroje GIS a CAD. Tieto nástroje umožňujú na základe výsledkov hydraulických modelov vymedziť a znázorniť aj aktívnu a pasívnu zónu inundačného územia podľa vhodnej metodiky.

Stanovenie potencionalnej zóny inundačného územia môže vyžadovať dynamické modelovanie šírenia záplavy v chránenom území, ako dôsledku zlyhania ochrannej stavby (jej preliatia, alebo deštrukcie) podľa vhodne definovaných krízových scenárov. Na to môže poslúžiť MIKE 11 s modulom DB - Dam Break, alebo detailnejšia 2D simulácia zaplavovania chráneného územia pomocou MIKE 21. Mapovanie priebehu zaplavovania inundačného územia vyžaduje plne dynamickú simuláciu postupu povodňovej vlny. Aj tieto požiadavky spĺňa MIKE 11, prípadne detailnejšia simulácia pomocou MIKE 21, či MIKE FLOOD (v závislosti od charakteru záujmového územia), s následným zobrazením zaplaveného územia a požadovaných hydraulických veličín v definovaných časových krokoch, prípadne znázornenie priebehu zaplavovania formou animácie, pomocou MIKE GIS, MIKE View FM, prípadne Result Viewer, či MIKE Animator.

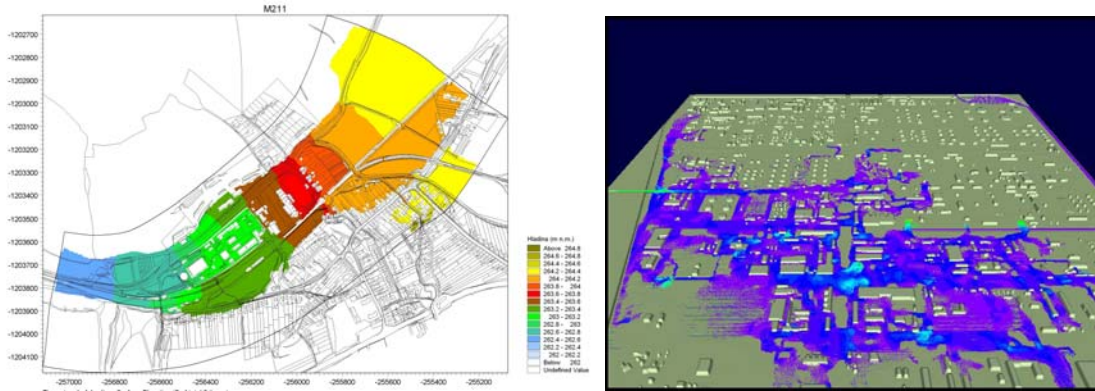
Pri vytváraní Máp nebezpečenstva a potenciálnych následkov povodní sa v záujmovom území definujú rôzne zóny potenciálneho povodňového nebezpečenstva, potenciálnych povodňových škôd a potenciálneho ohrozenia obyvateľstva, pričom kľúčovým podkladom sú hydrologické a hydrodynamické charakteristiky prúdenia vody na inundačnom území (hĺbka vody, rýchlosť, priemerná doba opakovania povodne a čas trvania záplavy). Výsledkové súbory 2D modelov s detailnými výstupmi možno výhodne použiť na definovanie rôznych zón na základe kombinácie rôznych parametrov podľa zvolenej metodiky (napr. kombinácia hĺbky a rýchlosti prúdenia).



Obr. 2. Ukážky výsledkov povodňového mapovania. Vľavo znázornenie výsledkov MIKE11 pomocou MIKE GIS, vpravo 2D výsledky MIKE21 znázornené pomocou nástroja Result Viewer.



Obr. 3. Mapy znázorňujúce hranice inundačných území s vymedzenou aktívnou a pasívnou zónou (DHI Hydroinform Praha)



Obr. 4. Ukážky výsledkov 2D záplavových modelov (MIKE 21). Vľavo výška hladiny a rozsah záplavy v inraviláne obce, vpravo priestorové znázornenie zaplavenia priemyselného areálu pomocou nástroja MIKE Animator.

5. Nástroje pre ďalšie oblasti manažmentu povodňových rizík

Povodňový manažment spolu s narastajúcou pozornosťou, ktorá sa venuje vodným zdrojom a životnému prostrediu, vyžaduje čo najkomplexnejšie znalosti o vodných systémoch. Tieto znalosti môžu byť získané pomocou aplikácie plne dynamických matematických modelov. Výsledky modelov a ďalších nástrojov hydroinformatiky sú nápomocné vo všetkých fázach manažmentu povodňového rizika.

Aspoň okrajovo možno spomenúť systémy povodňových predpovedí a včasného varovania. Tu účinne slúžia zrážkovo-odtokové modely v spojení s hydrodynamickými modelmi. Prepojenie modelov s on-line dátami a vydávanie automatických predpovedí môže zabezpečovať nástroj DIMS (Dynamic Integrated Monitoring System) v spolupráci s predpovedným modulom MIKE 11 Flood Forecasting, prípadne pomocou systému MIKE Flood Watch.

Výsledky matematických modelov sú potrebné pri navrhovaní a posudzovaní ucelených systémov protipovodňovej ochrany, alebo len čiastkových stavieb či úprav. Pre správnu funkciu sústavy retenčných nádrží alebo poldrov je nevyhnutné dynamické modelovanie neustáleného režimu pri povodňových situáciách v povodí. Len tak možno takéto stavby správne navrhnuť a optimalizovať ich prevádzku.

Dôsledky zmien odtokových pomerov a zmien využívania krajiny v povodí možno detailne simulovať pomocou integrovaného modelu hydrologického cyklu MIKE SHE.

Z povodňového manažmentu nemožno vynechať ani modelovanie dôsledkov zmien v morfológii korýt tokov. Na detailné morfológické štúdie je určený 2D model MIKE 21C, na niektoré typy problémov je vhodný 1D model MIKE 11 ST. Na modelovanie šírenia možného znečistenia a kontaminácie vôd v dôsledku zaplavenia skladov toxických látok a pod. slúžia nadstavbové advekčno-disperzné moduly AD a moduly ECO Lab v MIKE 11 a MIKE 21.

6. Literatúra

- [1] Action Programme for Sustainable Flood Protection in the Danube River Basin. ICPDR Document IC/082. Vienna – Austria, 14 December 2004.
- [2] Akční plán povodňové ochrany v povodí Labe. Mezinárodní komise pro ochranu Labe – Internationale Kommission zum Schutz der Elbe. Magdeburk, 24. září 2003.

- [3] Aktionsplan Hochwasser. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins – Commission Internationale pour la Protection du Rhin. Rotterdam, 22. Januar 1998.
- [4] Bačík, M.: Koncepcia určovania inundačných území v podmienkach Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p. *Pracovná verzia №01*. SVP, š. p., Banská Štiavnica, november 2005.
- [5] Best Practices on Flood Prevention, Protection and Mitigation. Commission of the European Communities. Brussels, 25 September 2003.
- [6] Directive 2000/60/EC the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Union, No. L 327 of 22 December 2000.
- [7] Evaluation of the Impacts of Floods and Associated Protection Policies. International Office for Water, Paris, France and Ecologic, Berlin, Germany, June 2005.
- [8] Flood Risk Management, Flood Prevention, Protection and Mitigation. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Commission of the European Communities. COM(2004)472 final. Brussels, 12. 07. 2004.
- [9] Houghton, J. T. et al.: Climate Change: The Scientific Basis. *Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. WMO and UNEP, 2001.
- [10] Impact Assessment. Annex to the Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on the assessment and management of floods. *Commission staff working document*. Brussels, January 2006.
- [11] Mapping the Impacts of Recent Natural Disasters and Technological Accidents in Europe. *Environmental issue report №. 35*. European Environmental Agency, 2003.
- [12] Program protipovodňovej ochrany SR do roku 2010. Bratislava, december 1999.
- [13] Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on the Assessment and Management of Floods. Interinstitutional File: 2006/0005 (COD); 5540/06; ENV 37; CODEC 58. Brussels, 18 January 2006.
- [14] Rhein 2020. Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR). Koblenz, Mai 2001.
- [15] Říha, J. a kol.: Riziková analýza záplavových území. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně. Sešit 7. Brno, 2005.
- [16] Zákon 364 z 27. mája 2004 o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 72/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon). Zbierka zákonov č. 364/2004, čiastka 153.
- [17] Zákon 666 z 27. októbra 2004 o ochrane pred povodňami. Zbierka zákonov č. 666/2004, čiastka 280.