

RIZIKOVÁ ANALÝZA ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ V PROCESU ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ – APLIKACE NA ÚZEMÍ MĚSTA BRNA

Aleš Dráb, Jaromír Říha

Jako reakce na katastrofické povodně ve střední Evropě v minulých zhruba deseti letech byla přijata směrnice Evropského parlamentu a Rady (2007/60/ES z 23. října 2007) o vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik [1]. Název i obsah směrnice naznačuje masivní nasazení metod rizikové analýzy záplavových území v členských zemích Evropské unie, tedy i v České republice. Nutno konstatovat, že postupy rizikového hodnocení v protipovodňové problematice jsou v České republice rozvíjeny a aplikovány již od katastrofických povodní v roce 1997. Stav v této problematice byl mimo jiné dokumentován v monotematickém čísle Urbanismu a územního rozvoje 5/2006 [9] nebo v monografii [5]. Je potěšitelné, že do nadcházejícího období vstupuje Česká republika připravena z pohledu dostupných nástrojů rizikové analýzy a ve smyslu jejich praktického ověření v řadě pilotních lokalit i území, která byla hodnocena v rámci posuzování protipovodňových opatření navržených do II. etapy Programu prevence před povodněmi dle [2] až [4]. V současné době se projevují snahy zapracovat výsledky rizikové analýzy záplavových území do nově aktualizovaných územních plánů. V tomto příspěvku je uveden příklad aplikace rizikové analýzy při zpracování Generelu odvodnění města Brna (GOMB), který by se měl stát základním vodohospodářským podkladem v procesu územního plánování na území Brna.

1. Úvod

Rizikovou analýzu záplavových území lze v současné době považovat za rutinní nástroj při hodnocení míry ohrožení území v důsledku povodňového nebezpečí a při posouzení ekonomické rentability navrhovaných opatření na ochranu před povodněmi. Jejich praktické použití a možnosti jsou dosud vnímány zejména vodohospodářskými odborníky správců povodí, v menší míře pak vodohospodáři činými ve státní správě. Menší zájem je prozatím zřejmý u urbanistů a pracovníků odborů rozvoje, územního plánování a stavebního řádu, kteří obvykle koordinují činnosti při vyhotovení územních plánů.

Současně se zpracováním nového územního plánu města Brna probíhá řešení Generelu odvodnění města Brna. V rámci jeho zadání se v části „Vodní toky - ochrana před povodněmi“ podařilo prosadit vyhodnocení povodňového rizika na celém území města Brna a také formalizované posouzení rentability navrhovaných protipovodňových opatření metodou nákladů a užitků. Součástí GOMB je také vymezení území ohrožených v důsledku nástupu hladiny podzemní vody při povodních. V článku jsou tyto soudobé postupy diskutovány ve vazbě na jejich možné využití při zpracování územního plánu.

2. Tři stupně při rizikové analýze záplavových území

Obecně je možné proces rizikové analýzy (RA) záplavových území rozdělit na tři stupně (etapy), kterými jsou:

- předběžná analýza zájmového území,
- plošná riziková analýza záplavových území metodou matice rizika,
- hodnocení přínosů (rentability) protipovodňových opatření metodou nákladů a užitků.

V rámci zpracování GOMB byly uvedené kroky provedeny v součinnos-

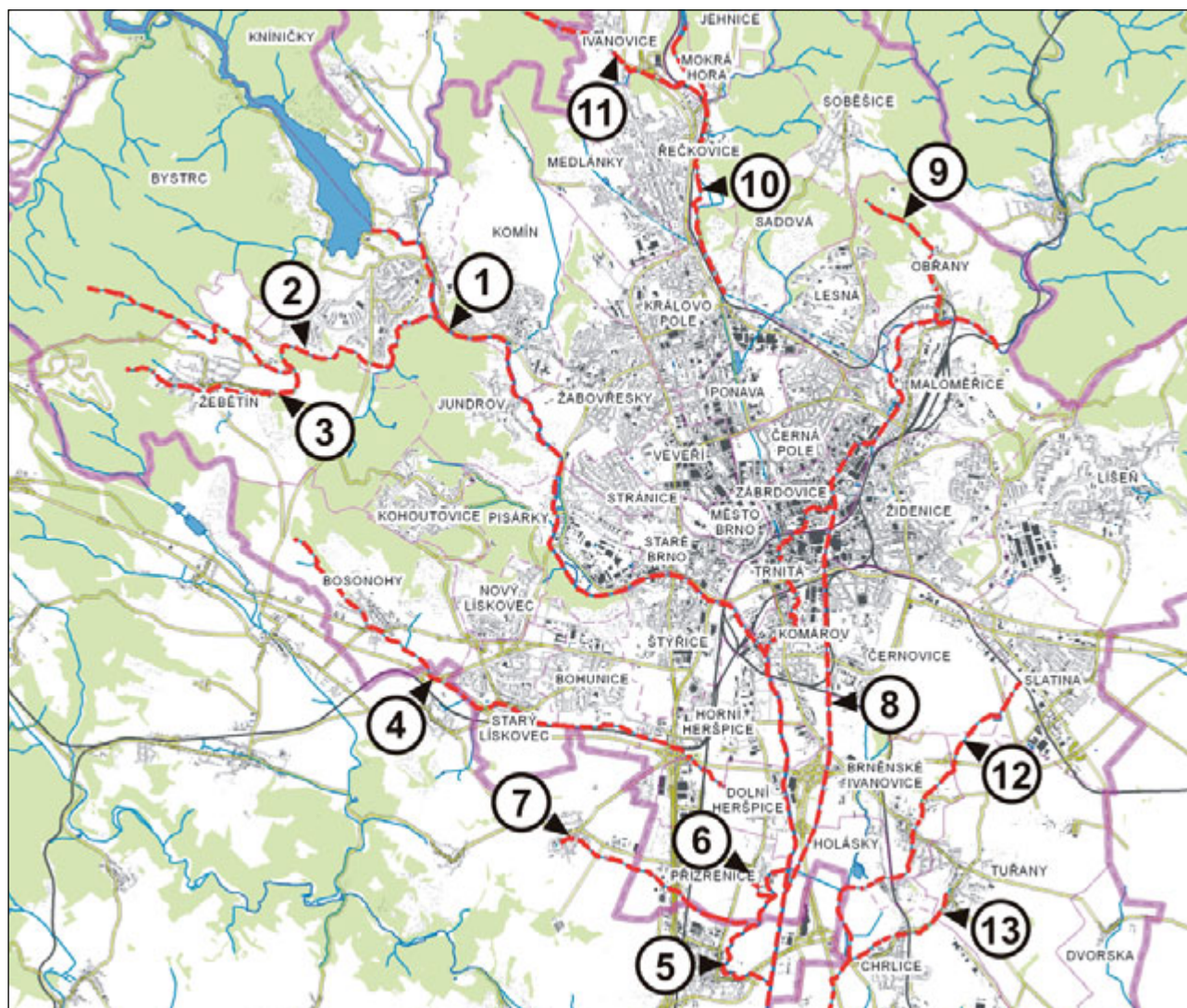
ti zpracovatele GOMB, společnosti PÖYRY Environment, a.s. a Ústavu vodních staveb FAST VUT v Brně. Hydraulické výpočty jednotlivých povodňových scénářů zpracovalo Povodí Moravy, s.p. společně s PÖYRY Environment, a.s.

2.1 Předběžná analýza území

Prvním krokem při zpracování rizikové analýzy záplavového území a koncepcí protipovodňové ochrany na území města Brna byl předběžný průzkum zájmového území. Byly vymezeny vodní toky, které mohou způsobit povodňové nebezpečí a na základě

č.	Název toku	Délka zájmového úseku v km
1	Svratka	17,0
2	Vrbovec	8,5
3	Žebětínský potok	2,5
4	Leskava	10,0
5	Mlýnský náhon Přízřenice	3,3
6	Přízřenická svodnice	1,0
7	Moravanský potok	4,0
8	Svitava	14,2
9	Obřanský potok	1,5
10	Ponávka	8,0
11	Ivanovický potok (Baba)	2,7
12	Ivanovický potok	11,5
13	Tuřanský potok	2,9

Tab. 1: Přehled toků posuzovaných metodami RA [10]



Obr. 1: Mapa zájmového území s označením posuzovaných toků dle tabulky 1 [10]

dřívějších studií byl zhodnocen orientační rozsah záplavového území. Pro zpracování bylo území omezeno na řece Svatce úsekem mezi brněnskou přehradou a profilem pod čistírnou odpadních vod v Modřicích, řeka Svitava byla sledována v úseku od Obrán až po soutok se Svatkou. Další toky byly hodnoceny pouze v případě, že procházejí zástavbou a pokud v důsledku vyběžení vody může dojít ke vzniku povodňových škod na majetku, k ohrožení životů a zdraví lidí nebo ke vzniku ekologických škod (zejména v případě průmyslových provozů). Vybrané vodní toky jsou uvedeny v tabulce 1, rozsah zájmového území s vyznačením studovaných toků je patrný z obr. 1.

Poměrně složité poměry jsou v místě Svitavského náhonu (nebyl uvažován

jako samostatný tok) propojujícího řeku Svitavu a Svatku a procházejícího průmyslovou oblastí v městských částech Zábrdovice, Trnítá a Komárov. Na náhon se v křížení ulic Křenová a Vlháková napojuje přes dešťový oddělovač zaklenuté koryto Ponávky, které má v současnosti v městské trati funkci kanalizačního sběrače. Zastavěné území na pravém břehu Svitavy, sahající až k ulici Koliště poblíž hlavního nádraží je tak ohroženo již při cca padesátileté povodni ze strany od Svitavského náhonu, jehož hladina může být vzdouvána odspodu v důsledku zvýšených průtoků ve Svatce.

V řece Svatce pod brněnskou přehradou lze zejména pro povodně s menší dobou opakování uvažovat s transformačním účinkem v důsledku manipulace na vodním díle Vír a na brněnské přehradě. Některé práce

[7, 8] nicméně naznačují, že pro reálné povodňové vlny od cca stoleté doby opakování je transformační účinek nejistý a v případě brněnské přehrady prakticky zanedbatelný. Pro další koncepční úvahy a pro hodnocení povodňového rizika bylo proto rozhodnuto uvažovat pro území ohrožené rozlivy z řeky Svatky se stoletou povodní neovlivněnou uvedenými vodními díly. Argumenty pro takto zvolený stupeň ochrany jsou zejména nejistoty ve stanovení N-letých průtoků ve smyslu ČSN 751400, vliv očekávaných klimatických změn, uvedené nejistoty v transformaci kulminačních průtoků vzhledem k omezené možnosti manipulace na vodních dílech při povodních s větším objemem vlny, popř. při povodních s více kulminacemi tak, jak tomu bylo v letech 1997 a 2002.

2.2 Plošná analýza zasazeného území

2.2.1 MAPY OHROŽENÍ A MAPY RIZIKA

Druhý stupeň rizikové analýzy záplavových území vychází z výsledků hydraulických výpočtů realizovaných v souladu se zadáním Generelu odvodnění města Brna s použitím jednorozměrných (1D) hydrodynamických modelů. Plošná analýza byla následně provedena na tocích uvedených v tabulce 1. U dalších drobných toků, jako např. Medlánecký potok, Dvorský potok, Líšeňský potok, postačovaly pro posouzení potenciálního povodňového ohrožení a pro případné následné návrhy protipovodňových opatření (PPO) informace získané na základě místních šetření, popř. z další dostupné dokumentace.

Pro plošnou analýzu byla použita metoda rizikové matice, která je ve srovnání s dalšími metodami RA relativně nejméně náročná na vstupní data [5]. Pro tento účel byly zajištěny následující podklady:

- geografické (polohopis, výškopis),
- hydraulické,
- hydrologické,
- územně plánovací.

Z geografických podkladů se jednalo především o rastrové základní vodohospodářské mapy ČR 1 : 50 000,

data ZABAGED, rastrové základní mapy ČR 1 : 10 000, rastrové mapy 1 : 5 000 a o digitální vektorovou katastrální mapu města Brna. Pro informace o výškopisu na území města Brna sloužil digitální model terénu (DMT) ve vektorovém formátu. K vymezení rozsahu nivních půd byly využity geologické mapy 1 : 50 000.

Pro zájmové toky (viz tabulka 1) byly k dispozici výsledky hydraulických výpočtů proudění vody zpracované v rámci GOMB s použitím 1D hydrodynamického modelu, které zahrnovaly vymezení hranic rozlivů vody pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} . Pro Svatku a Svitavu byly navíc k dispozici výsledky výpočtů pro průtoky Q_1 , Q_{10} , Q_{50} a pouze pro Svatku byl dále proveden výpočet průtoku Q_{100} (neovlivněný) a střet kulminačních průtoků Q_{100} na soutoku se Svitavou. Na základě těchto výsledků a digitálního modelu terénu (DMT) byly pro dostupnou škálu scénářů nebezpečí (N-letých průtoků) vyhotoveny mapy hloubek a rychlostí proudění vody. Dále byly stanoveny hranice rozlivu tzv. maximální možné hypotetické povodně, a to na základě odborného odhadu s ohledem na morfologii údolní nivy, úroveň břehové linie, a na rozsah kvartérních fluvialních sedimentů v údolní nivě. Takto stanovená území pak reprezentovala oblasti s tzv. „rezi-duálním povodňovým ohrožením“.

Z územně plánovacích podkladů

byl v době zpracování RA dostupný koncept územního plánu města Brna (4. milník) ve variantách I a II Hlavní oblast využití územně plánovací dokumentace při RA spočívala v možnosti identifikace funkčního využití ploch v zájmovém území.

Použitá metoda založená na matici rizika je jedním z nejjednodušších postupů pro předběžné hodnocení potenciálního ohrožení a rizika v záplavových územích, kdy se nevyžaduje kvantitativní odhad škody způsobené vyběžením vody z koryta. Postup metody spočívá ve třech krocích:

1. kvantifikace povodňového nebezpečí – výpočet intenzity povodně,
2. stanovení povodňového ohrožení pomocí matice rizika (viz obr. 4),
3. stanovení ploch se zvýšeným rizikem na podkladě údajů o využití území (viz obr. 5).

Podrobně byl postup metody popsán např. v [5] nebo v [9]. Výsledky metody založené na matici rizika byly pro zájmové území zpracovány do podoby map ohrožení a map rizika (viz obr. 4 a 5). Pomocí těchto map byly identifikovány plochy s překročenou mírou přijatelného rizika a následně proveden návrh protipovodňových opatření k ochraně ohrožených území. Koncept PPO byl navržen pro obě varianty ÚPD a podroben hodnocení ekonomické efektivity (viz dále).

Kategorie ohrožení	Doporučení
(4) Vysoké (červená barva)	Doporučuje se nepovolovat novou a nerozšiřovat stávající zástavbu, ve které se zdržují lidé nebo umísťují zvířata. Pro stávající zástavbu je třeba provést návrh protipovodňové ochrany, která zajistí odpovídající snížení rizika.
(3) Střední (modrá barva)	Výstavba je možná s omezeními vycházejícími z podrobného posouzení potenciálního ohrožení objektů povodňovým nebezpečím. Nevhodná je výstavba citlivých objektů (např. zdravotnická zařízení, hasiči apod). Nedoporučuje se rozšiřovat stávající plochy určené pro výstavbu.
(2) Nízké (oranžová barva)	Výstavba je možná , přičemž vlastníci dotčených pozemků a objektů musejí být upozorněni na potenciální ohrožení povodňovým nebezpečím. Pro citlivé objekty je třeba přijmout speciální opatření ve smyslu protipovodňové ochrany.
(1) Rezi-duální (žlutá barva)	Otázky spojené s protipovodňovou ochranou se zpravidla doporučuje řešit prostřednictvím dlouhodobého územního plánování se zaměřením na zvláště citlivé objekty (zdravotnická zařízení, památkové objekty apod.). Snahou je vyhnout se objektům a zařízením se zvýšeným potenciálem škod.

Tab. 2: Klasifikace a verbální popis ohrožení [10]

Kód	Popis	Přijatelné riziko (dle tabulky 2)	Rozšířený popis
B	Bydlení	2	bydlení, základní občanské vybavení, zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
C	Smíšené obytné	2	bydlení, rekreace, občanské vybavení, zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
D	Dopravní infrastruktura - koridory	2	doprava železniční, silniční, letecká, vodní, hromadná a související služby, související zeleň, související technická infrastruktura
D	Dopravní infrastruktura - nekoridory	2	doprava železniční, silniční, letecká, vodní, hromadná a související služby, související zeleň, související technická infrastruktura
T	Technická infrastruktura	2	provozování technické infrastruktury, zpracování odpadů, související zeleň, související dopravní infrastruktura
L	Plochy lesní	4	les, související dopravní a technická infrastruktura
K	Krajinná zeleň	4	trvalá vegetace bez primárního hospodářského významu, porosty dřevin, ladin, společenstva, vodní toky a nádrže přírodního charakteru
A	Plochy zemědělské	4	zemědělství a související dopravní a technická infrastruktura
O	Veřejná obsluha území	2	veřejná prostranství, zeleň, dopravní a technická infrastruktura
V	Veřejná vybavenost	2	služba veřejnosti - školství, zdravotnictví, sociální péče, kultura, veřejná správa, pohřebnictví a soudnictví (= ve veřejném zájmu poskytují služby občanům), související zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
W	Komerční vybavenost	2	obchod, služby, ubytování, stravování, administrativa, související zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
X	Nákupní a zábavní centra, zvláštní areály	2	obchod, služby, kultura, sport, rekreace a volný čas vyššího než místního významu, které svým měřítkem nebo dopadem dopravní obsluhy do území vyžadují zvláštní vymezení
S	Sport	2	tělovýchova, sport a rekreace, související zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
R	Rekreace	2	rekreace
I	Rekreace	4	rekreace a související využití
H	Plochy vodní a vodohospodářské	4	vodní toky, vodní plochy a jejich příbřežní zóny, protipovodňová opatření, zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
Z	Plochy městské (parkové) zeleně	4	zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
P	Výroba a skladování	2	zpracování surovin, výroba, např. hutnictví, těžké strojírenství, chemie, zemědělská výroba; výrobní služby, nakládání s odpady, skladování, logistika, velkoobchodní prodej, dopravní areály, stavební dvory, související zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
E	Nerušící výroba a skladování	2	výroba a skladování, výrobní služby, těžba nerostů, nakládání s odpady, obrana a bezpečnost státu, civilní ochrana, vězeňství, související zeleň, související dopravní a technická infrastruktura
Y	Transformace	2	využití, které je slučitelné s umístěním plochy v území a s okolními funkcemi, např. bydlení, rekreace, občanské vybavení, výroba a skladování, doprava, technické vybavení, zeleň, vodní hospodářství

Tab. 3: Třídy funkčního využití území dle konceptu ÚPD města Brna [10]

2.2.2 ZÓNY OHROŽENÉ NÁSTUPEM HLADINY PODZEMNÍ VODY

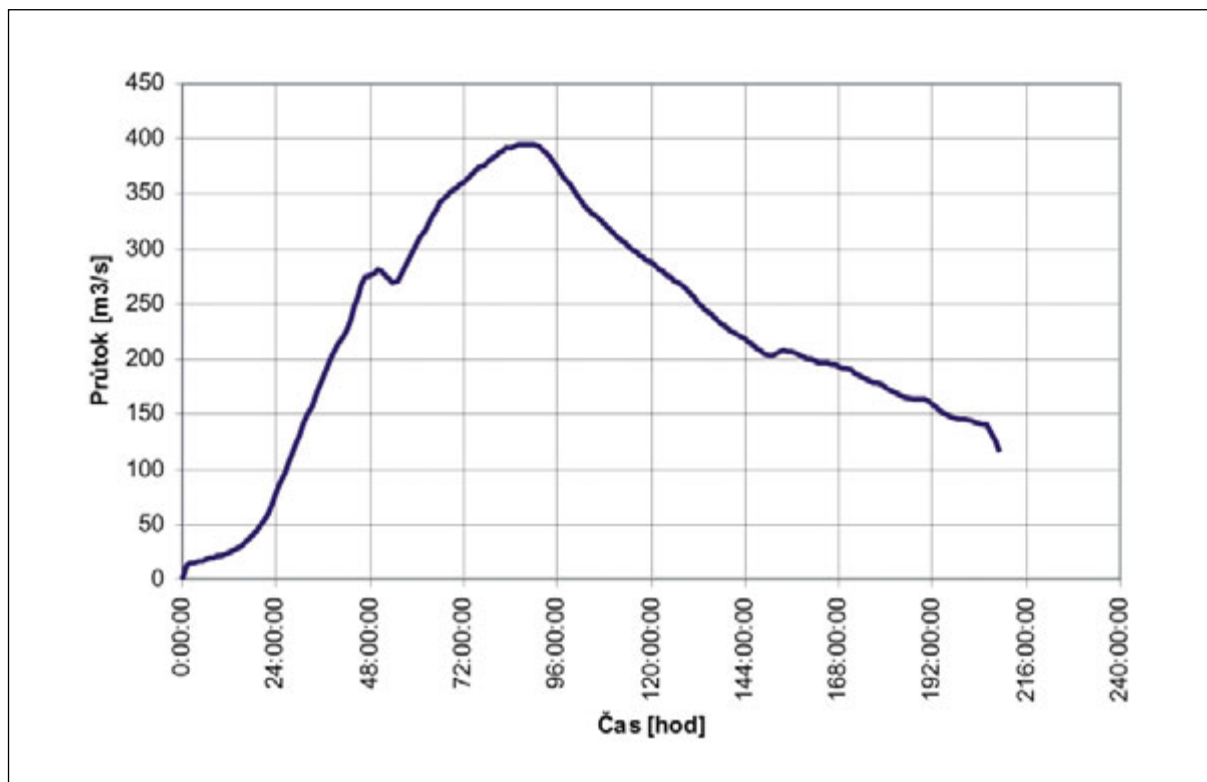
Hydrogeologický průzkum v příbřežních pásech toků Svatky, Svitavy a Leskavy ukazuje, že na neogenním nepropustném podloží, které je zpravidla tvořeno jíly, případně diority a granodiority, jsou uloženy naplavené, dobře ulehle štěrkové a štěrkopískové sedimenty o mocnostech cca 2,0 až 10,0m s poměrně vysokou propustností. Povrchové vrstvy jsou v závislosti na konkrétní lokalitě tvořeny jílovitými hlínami nebo navázkou s nízkou propustností o mocnosti cca do 5,0m. V případě vybudování staveb na ochranu před povodněmi, jako jsou ochranné hráze a povodňové stěny, lze při povodních prakticky vždy očekávat, že dojde k propagaci zvýšené hladiny v tocích směrem do podloží a ke zvyšování hladiny podzemní vody směrem od toku. Protože v přírodním stavu toky na území města Brna převážně svádějí podzemní vody, není možné navrhnout úplné utěsnění podloží např. dokonalou podzemní stěnou. Odezva zvýšených vodních stavů ve vodních tocích na režim proudění podzemní vody byla i na jiných lokalitách

předmětem rozsáhlých modelových výpočtů. Ukazuje se, že by již při dvou až třídenním zvýšení vodních stavů v tocích došlo k nastoupání hladiny podzemní vody do úrovně holocénních přípovrchových sedimentů či navážek a režim proudění podzemní vody by v převážné části hydrogeologického kolektoru tvořeného terasovými štěrky a štěrkopísky přešel do napjatého (tlakového) režimu. Trvání povodně ve Svatce, resp. ve Svitavě, lze přitom očekávat v délce až 5 dnů (obr. 2).

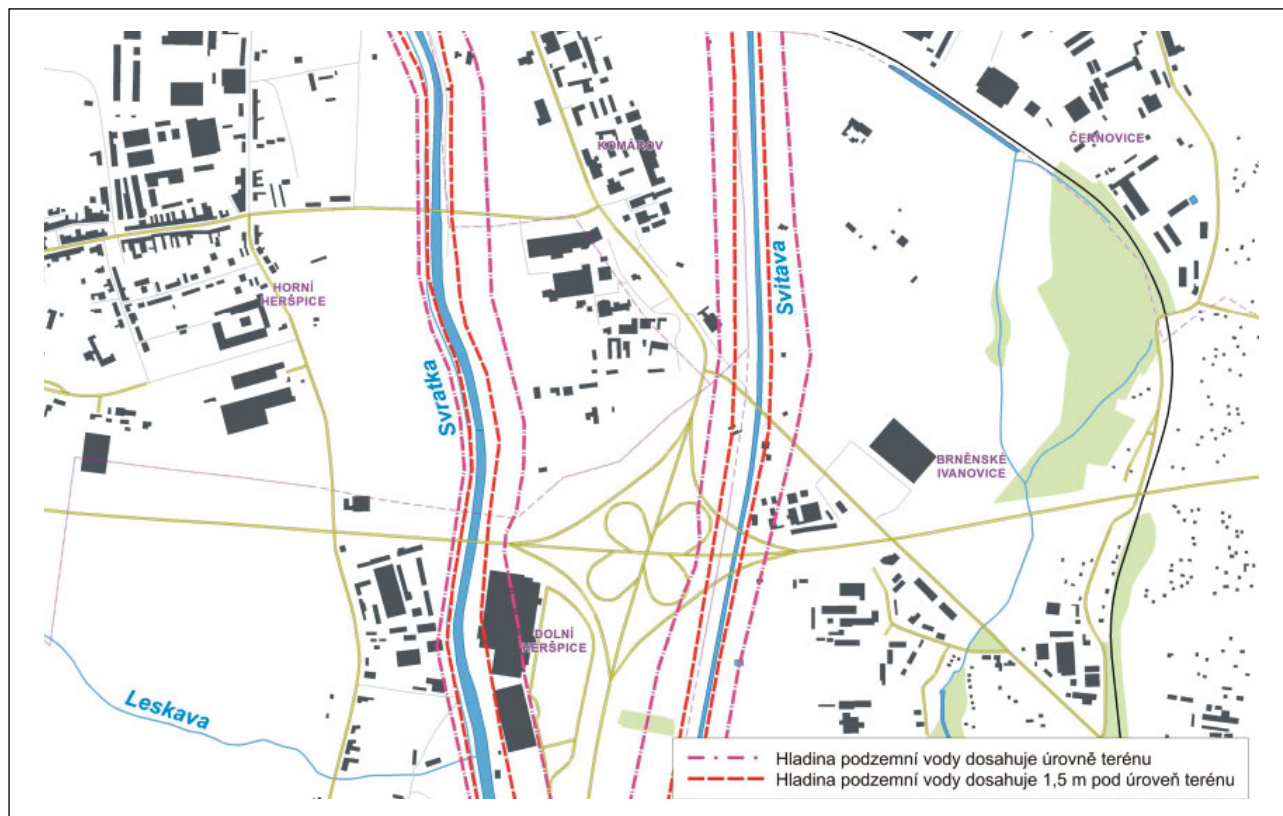
Pokud by nebyla linie protipovodňových prvků opatřena protiprůsakovými a odvodňovacími prvky, došlo by v řadě případů k vysakování podzemní vody na „vzdušní“ straně protipovodňové hráze či stěny. Mnohdy je méně propustné nadloží štěrku namáháno vztlakem, který by v místě nejvyššího přetlaku (obvykle bezprostředně za protipovodňovým prvkem) mohl způsobit hydraulické prolomení podloží a následně ohrožení stability nadzemních konstrukcí. Zvýšení hladiny podzemní vody v místě zástavby v příbřežní zóně lze přitom pouze stěží omezit. Zejména u podsklepených budov lze tedy očekávat nepříznivé dopady, jakými jsou zvýšení vnějšího tlaku na podlahu a stěny sklepů

a vysakování vody netěsnostmi do podsklepených prostor často doprovázené přítoky z kanalizace. Tyto jevy se projevily v některých lokalitách Brna, jako jsou Černovice nebo Komárov, i při méně extrémní povodni v roce 1997.

Součástí Generelu odvodnění města Brna bylo proto vymezení zón ovlivněných nástupem hladiny podzemní vody v průběhu návrhové povodně v tocích na území města Brna. Jde o zóny uvažované ideově jako chráněné před zaplavením v rámci koncepčních návrhů zahrnutých v generelu. Pro vymezenou linii PPO bylo v předmětných lokalitách provedeno modelové posouzení filtračních poměrů pro stav odpovídající povodňovému - návrhovému průtoku Q_{100} neovlivněnému. Cílem řešení přitom nebyl návrh detailních opatření. Výsledné „ohrožené“ zóny (obr. 3) mají být podkladem pro případné další studijní práce a návrhy konkrétních opatření provedené na základě doplněného geologického a hydrogeologického průzkumu a podrobných hydrotechnických výpočtů v detailu příslušné lokality a opatření. Takto stanovená území by měla být zohledněna také při návrhu územního plánu města Brna.



Obr. 2: Hydrogram povodně na Svatce v profilu pod brněnskou přehradou (Q_{100} – neovlivněný) [10]



Obr. 3: „Ohrožené“ zóny [10]

2.3 Hodnocení ekonomické efektivity opatření na ochranu před povodněmi

Na základě výsledků plošné analýzy území metodou matice rizika byl pro všechny zájmové vodní toky (tabulka 1) proveden variantní návrh protipovodňových opatření a vyčísleny předpokládané finanční náklady na jejich realizaci. Pro posouzení ekonomické efektivity byla navrhovaná PPO na Svitavě a Svratce rozdělena na 16 úseků, které tvořily hydraulicky uzavřené celky. Účelnost vynaložených investic do navržených PPO byla v jednotlivých úsecích hodnocena odděleně metodou nákladů a užitek [4], [5], [6]. Řešení obsahovalo:

- odhad rozsahu ohroženého a ochráněného majetku v záplavových územích,
- odhad povodňových škod, kvantifikaci povodňového rizika a výpočet hodnotících ekonomických kritérií metodou nákladů a užitek.

Rozsah ohroženého majetku v záplavových územích Svitavy, Svratky a Leskavy byl stanoven pro stav před a po realizaci navrhovaných PPO.

Nejprve bylo provedeno hodnocení povodňového nebezpečí, které vycházelo z map hloubek vody v záplavových územích pro povodňové scénáře odpovídající průtokům Q_{5} , Q_{20} a Q_{100} ve Svitavě, Svratce a Leskavě. Následovala kategorizace zasažených ploch a objektů v záplavovém území podle způsobu jejich využití, a to na podkladě dat ZABAGED, ÚPD a místních šetření. Pro stávající stav v zájmových lokalitách byly v souladu s [4] vymezeny tyto kategorie majetku s přímou vazbou na ekonomické škody:

- obytné objekty,
- objekty občanské vybavenosti,
- průmyslové objekty,
- pozemní komunikace,
- železniční komunikace,
- mosty,
- zpevněné plochy,
- infrastruktura,
- sportovní plochy,
- zemědělská půda,
- lesní půda.

Rozsah zasaženého majetku byl kvantifikován ve zvolených měrných jednotkách (počty objektů, m, m^2 , ha) na podkladě stanovených hranic záplavových území. Obdobným způsobem

byl odhadnut rozsah ochráněného majetku pro navržené varianty PPO. Kromě hledisek s přímou vazbou na ekonomické škody byly dále určeny kvantifikátory spadající do oblasti tzv. mimoekonomických škod [5].

Odhad povodňových škod na majetku v záplavových územích Svitavy, Svratky a Leskavy byl proveden v souladu s dokumentací programu 129 120 [4] pro stávající stav s využitím škodních křivek, které vyjadřují funkční závislost výše poškození a škody na hloubce vody. Na základě stanovených povodňových škod byla pro dvě varianty návrhu územního plánu vyhodnocena tato ekonomická kritéria [4]:

- průměrné roční povodňové riziko před a po realizaci PPO,
- kapitalizované riziko před a po realizaci PPO,
- poměrová efektivity,
- absolutní efektivity,
- doba návratnosti.

Hodnocení ekonomické efektivity navrhovaných opatření spočívalo ve vyčíslení uvedených kritérií pro jednotlivé úseky PPO a v jejich formalizovaném váhovém vyhodnocení.

3. Výstupy rizikové analýzy

Riziková analýza záplavových území provedená v rámci GOMB obsahuje:

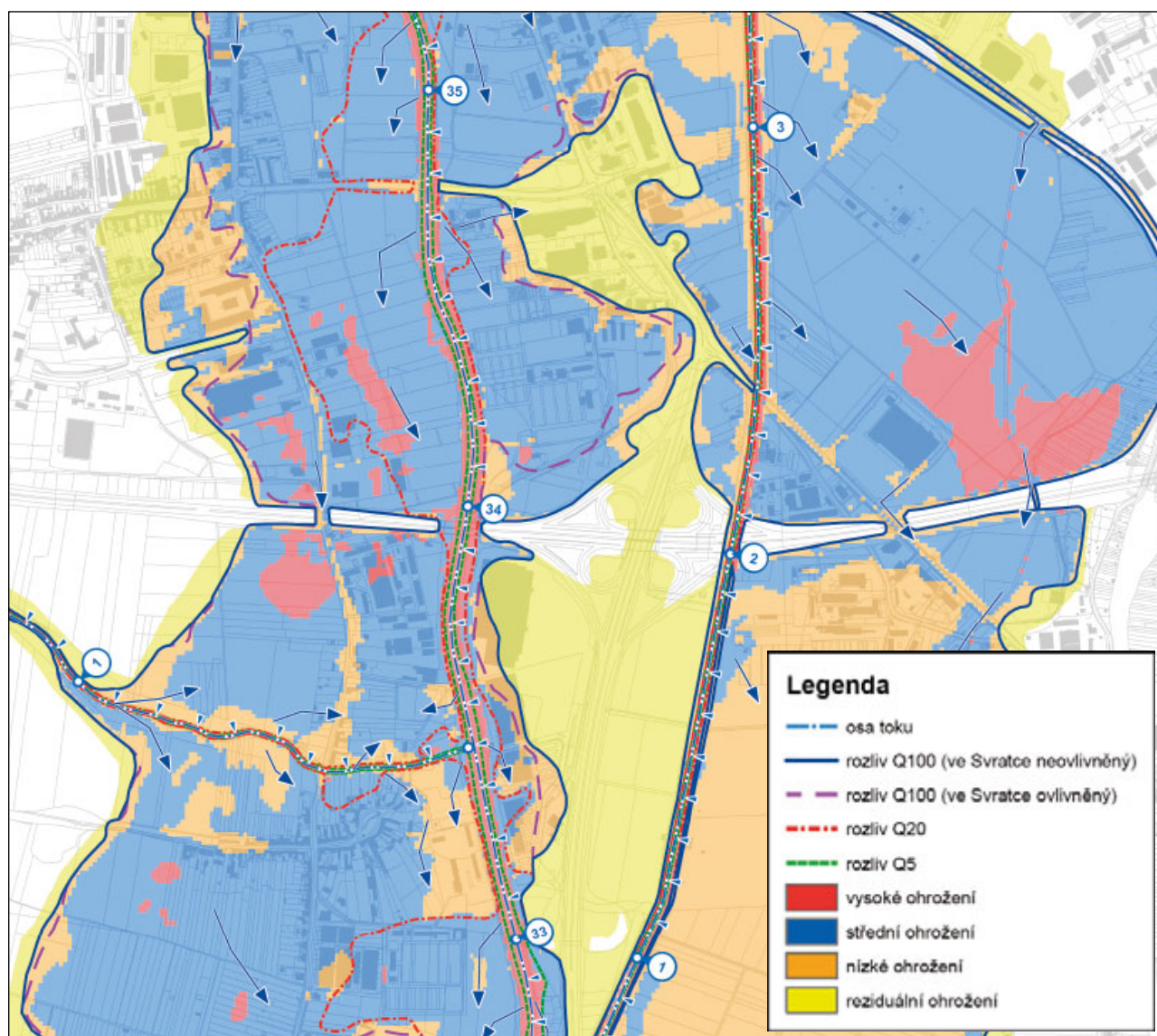
- plošnou analýzu metodou matice rizika s výstupy ve formě map ohrožení a map rizika,
- výsledky hodnocení ekonomické efektivity v podobě souboru hodnotících ekonomických kritérií.

Mapy ohrožení (obr. 4) vytvořené v rámci plošné analýzy zobrazují barevnou škálou kategorie ohrožení ploch v záplavovém území s uvedením vysvětlujících komentářů dle tabulky 2. Členění záplavového území z hlediska povodňového ohrožení umožňuje posouzení vhodnosti stávajícího

nebo budoucího funkčního využití ploch a doporučení na omezení případných aktivit na plochách v záplavovém území s vyšší mírou ohrožení. Mapy rizika (obr. 5) kombinují údaje o ohrožení s informacemi o zranitelnosti objektů v exponovaném území. Údaje o zranitelnosti byly získány z dostupného konceptu ÚPD, na základě kterého byly vymezeny skupiny ploch dle funkčního využití území (viz tabulka 3). Každé skupině ploch byla následně přiřazena hodnota tzv. maximálního přijatelného rizika (tabulka 3 – sloupec „Přijatelné riziko“) vyjádřená kategorií ohrožení dle tabulky 2. Aktuální dělení funkčních ploch, zvolené v konceptu ÚPD města Brna,

není v některých případech z hlediska jeho využití pro stanovení zranitelnosti ploch v záplavovém území příliš vhodné. V rámci jednoho kódu využití území jsou mnohdy kumulovány značně nesourodé aktivity, což komplikuje přiřazení odpovídajícího přijatelného rizika. Příkladem může být kód „E“, jehož popis je uveden v tabulce 3.

Mapy takto klasifikovaných ploch využití území (mapy zranitelnosti) byly „překryty“ s mapami ohrožení a analytickými nástroji GIS převedeny do map rizika (obr. 5). V mapách rizika jsou zvýrazněny ty využívané plochy, na kterých je kritérium maximálního přijatelného rizika překročeno. Uvnitř každé takové plochy jsou vyznačeny



Obr. 4: Příklad mapy ohrožení, Brno - Heršpice (popis ohrožení viz tabulka 2) [10]

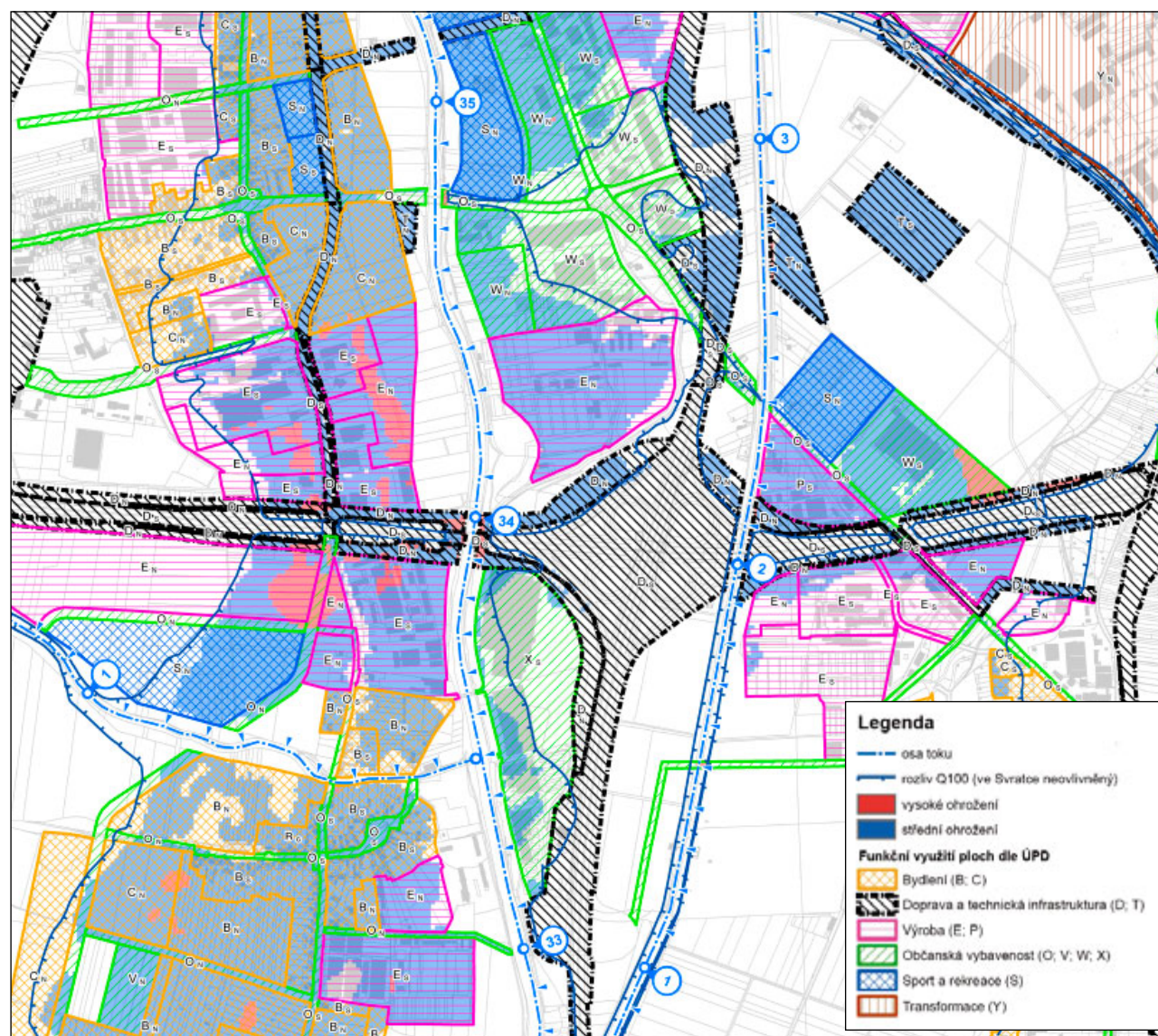
dosažené hodnoty ohrožení v barevné škále odpovídající tabulce 2.

Dalším logickým krokem je podrobnější posouzení „rizikových ploch“ z hlediska managementu rizika (snížení rizika na přijatelnou míru). Vytvořené mapy ohrožení a rizik by měly být vodítkem při urbanistických návrzích dalšího rozvoje města Brna z hlediska využití území a návrhu koncepce protipovodňové ochrany (PPO). S určitými omezeními rozvoje, resp. nápravnými opatřeními, je třeba uvažovat především v oblastech s vysokým, ale také se středním i nízkým povodňovým ohrožením. Podrobnější komentář vyžadují i ohrožené plochy (včetně

ploch s tzv. reziduálním rizikem), na nichž je riziko menší než přijatelné. V žádném případě neznámá, že tyto plochy nemohou být zaplaveny a nemohou na nich vznikat škody. Podle běžných mezinárodních standardů jsou tyto škody z hlediska jejich výše, popř. četnosti jejich výskytu, na hranici společenské přijatelnosti (únosnosti), i když z pohledu jednotlivých subjektů (např. vlastníků nemovitostí) se mohou jevit jako významné. To platí zejména v případě ploch s reziduálním (zbytkovým) ohrožením, které reprezentují oblasti, na nichž se zaplavení může vyskytovat s velmi malou četností (s velmi nízkou pravděpo-

dobností). Rozvoj v těchto oblastech tedy podle běžných standardů nebývá omezován, je však třeba uvědomit obyvatele, vlastníky pozemků apod. o skutečnosti, že k zaplavení může při extrémních povodních a velmi vysokých vodních stavech dojít.

Hlavním cílem plošné rizikové analýzy v rámci GOMB bylo zajištění map ohrožení a rizika pro návrh PPO na zájmových tocích (viz tabulka 1). PPO byla cíleně umísťována do oblastí s překročenou mírou přijatelného rizika, aby bylo dosaženo jeho snížení na přijatelnou míru.



Obr. 5: Příklad mapy rizika, Brno - Heršpice [10]

Výsledkem navazujícího hodnocení ekonomické efektivity navržených PPO bylo stanovení výše uvedených hodnotících kritérií, na základě kterých bylo sestaveno pořadí jednotlivých posuzovaných úseků toků dle rentability navržených opatření. Účelem tohoto pořadníku je poskytnout objektivní informace pro rozhodování v souvislosti s přidělováním finančních prostředků na realizaci PPO. Dalším podstatným přínosem ekonomického hodnocení je možnost ověření adekvátnosti zvolených návrhových parametrů PPO.

4. Závěr

V rámci zpracování Generelu odvodnění města Brna byly uplatněny progresivní metody rizikové analýzy záplavových území. Ty umožňují vymezení rozsahu území ohroženého povodněmi a poskytují podklad pro rozhodování o diferencované míře protipovodňové ochrany na základě posouzení její oprávněnosti, účelnosti a rentability. V duchu zadání generelu byly v územích, kde rozsah záplavy vede k nepřijatelné výši rizika, formulovány variantní návrhy protipovodňových opatření. Protipovodňová ochrana by měla být dle charakteru ohrožených území diferencovaná a podpořená analýzou nákladů a užitků. Míra rentability je podkladem pro prioritizaci realizace opatření v jednotlivých částech města Brna. Po vyhodnocení metodou nákladů a užitků jsou

formulována konečná doporučení na stanovení míry ochrany před povodněmi. Součástí prací je i vyhodnocení zón ohrožených nástupem hladiny podzemní vody při povodních.

Je zřejmé, že na úrovni generelu není z důvodu nedostatečných podkladů (geologických, územních) možné podrobně prošetřit všechny scénáře nebezpečí a vyhodnotit detaily řešení v jednotlivých lokalitách. To by mělo být provedeno na úrovni zpracování následných studií proveditelnosti, resp. investičních záměrů jednotlivých protipovodňových akcí, např. v průběhu zajišťování finančních prostředků z příslušných dotačních titulů. Výstupy z řešení by se měly promítnout do paralelně zpracovávaného územního plánu.

Průběh i výsledky řešení naznačují, že metody rizikové analýzy záplavového území, opírající se o výstupy z účinných prostředků matematického modelování povrchové i podzemní hydrauliky, jsou významným přínosem v procesu zpracování generelních vodohospodářských výstupů, které jsou nezbytným podkladem při územním plánování v urbanizovaných územích. Tyto postupy lze i v souladu s doporučeními evropské směrnice [1] plně doporučit při zpracování generelů dalších měst i menších zastavěných území.

Pozn. Tento příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantového úkolu GAČR reg. č. 103/06/0595 a projektu SP/1c2/121/07.

Použité zdroje:

- [1] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (2007/60/ES z 23. října 2007) o vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik.*
- [2] *Strategie ochrany před povodněmi.* MZe ČR, Praha, duben 2000.
- [3] *Metodika pro posuzování protipovodňových opatření navržených do II. etapy programu prevence před povodněmi.* ČVUT Praha, 06/2005.
- [4] *Dokumentace programu 129 120 „Podpora prevence před povodněmi II“.* MZe, 2006.
- [5] ŘÍHA, J. a kol. *Riziková analýza záplavových území.* Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT Brno, Sešit 7, CERM, 2005, 286 s., ISBN 80-7204-404-4.
- [6] SATRAPA, L., FOŠUMPAUR, P., HORSKÝ, M. *Možnosti a ekonomická efektivnost protipovodňových opatření.* In: *Urbanismus a územní rozvoj* 5/2006.
- [7] ŘÍHA, J. *Odborné posouzení návrhů protipovodňové ochrany statutárního města Brna.* Město Brno, OLVHZ, UVST FAST VUT v Brně. 4/2004.
- [8] ŘÍHA, J. – JANDORA, J. – HODÁK, J. *Odborné posouzení možnosti zvýšení hráze brněnské údolní nádrže.* Město Brno, OLVHZ, UVST FAST VUT v Brně. 4/2004.
- [9] DRÁB, A. *Analýza povodňových rizik v procesu územního plánování s využitím GIS.* In: *Urbanismus a územní rozvoj* 5/2006.
- [10] *Generel odvodnění města Brna, část vodní toky – riziková analýza,* Pöyry Environment, Brno 2008.

*Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
Ústav vodních staveb
FAST VUT Brno*

ENGLISH ABSTRACT

Risk Analysis of Flood Areas in the Urban Planning Process: Application in the Territory of the City of Brno, by Aleš Dráb & Jaromír Říha

In reaction to the catastrophic floods in central Europe in the last ten years, the 2007/60/EC Directive of the European Parliament and the Council, dated 23 October 2007, was adopted, dealing with the assessment and management of flood risks. The contents of the Directive indicates a massive application of modern methods of risk analysis in flood areas throughout the EU, including thus the Czech Republic. Worth saying, the risk assessment procedures in flood control have been developed and applied in the Czech Republic ever since the catastrophic 1997 floods. Fortunately, the Czech Republic enters the next period ready in terms of available tools of the risk analysis and experienced in practical verification in various pilot locations. Currently there are efforts to include the results of the flood risk analysis into the newly updated urban plans. This paper presents the example of the risk analysis of the General Water Management Study of the city of Brno, prospectively a basic document of water management for the process of Brno's urban planning.