

Protipovodňová opatření ve městě Brně navržená v rámci Generelu odvodnění města Brna

Ing. Jiří ŠTĚPÁNEK

Pöry Environment, a.s.

Úvod

Účelem zpracování Generelu odvodnění města Brna (GOMB), konkrétně části vodní toky, je aktualizovat vodohospodářskou přílohu územního plánu města Brna a posoudit možnost zvýšení ochrany města před povodněmi. Práce na GOMB byly zahájeny v únoru 2007.

Návrh je zpracováván ve vazbě na koncept nového územního plánu podle varianty I. a II. v souladu se Studií protipovodňových opatření Jihomoravského kraje. Moderně koncipovaný GOMB zahrnuje provázaný systém vodních toků, odkanalizování a zásobování města vodou s vazbou na jakost vody v tocích a představuje živý funkční systém nezbytný pro územní plánování a datové informace celého systému. GOMB byl dokončen v 09. 2009. Jednalo se o velký rozsah prací, který si vyžádal spolupráci s dalšími firmami, zejména s Povodím Moravy s.p. a VUT FAST Brno – Ústavem vodních staveb.

V části vodní toky v rámci GOMB

jsou řešeny dvě skupiny problémů:

- 1) Ochrana před povodněmi (stanovení rozsahu záplavového území při dnešním stavu toku pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} na základě výpočtu průběhu hladin povodňových průtoků a pomocí rizikové analýzy bylo následně posouzeno záplavové území a navrženo opatření na zvýšení ochrany před povodněmi).
- 2) Sledování jakosti vody v tocích (jakost vody v dlouhodobém horizontu, posouzení vlivu krátkodobého vypouštění látek při odlehčení ze stokové sítě a rozboru a návrhu na zlepšení jakosti toků).

Tento článek se bude zabývat jen první skupinou problémů, tedy ochranou před povodněmi.

V rámci Zadání generelu odvodnění města Brna (dále ZGOMB) části Vodní toky bylo vybráno 38 významných toků a potoků, kterými se měl GOMB zabývat.

Takto byly zohledněny všechny významné toky v katastrálních hranicích města vyjma přítoků do brněnské nádrže, které nebyly součástí ZGOMB.

Toky jsou v GOMB řazeny a číslovány podle řádu vodních toků, to je nejprve Svratka a všechny přítoky zprava a následně všechny levostranné přítoky včetně Svitavy. Z celkového počtu 38 vodních toků bylo v rámci ZGOMB vybráno 17 toků, tedy Svratka a Svitava, a jejich 15 přítoků, které z hlediska jejich významů byly řešeny podrobně včetně zaměření a výpočtů průběhu povodňových průtoků a návrhu PPO. Jde o tyto přítoky:

Vrbovec, Žebětínský potok, Leskava, Mlýnský náhon – Přízřenice, Přízřenická svodnice, Mora-

vanský potok, Svitavský náhon, Obřanský potok, Ponávka, Ivanovický potok – Baba, Medlánecký potok, Ivanovický potok I, Tuřanský potok, Dvorský potok, Líšeňský potok.

Na těchto 17 tocích, kde byla řešena ochrana před povodněmi, bylo nutné provést jejich podrobné zpracování včetně získání starších PD od jednotlivých správců těchto toků, případně útvarů města Brna.

Byli požádáni o podklady tito správci toků a projekční firmy a útvary města Brna:

- Povodí Moravy, státní podnik
- Zemědělská vodohospodářská správa
- Lesy České republiky
- Brněnské vodárny a kanalizace
- Brněnské komunikace
- Magistrát města Brna – Odbor správy budov
- Magistrát města Brna – Odbor technických sítí
- Magistrát města Brna – Odbor územního plánování a rozvoje
- Městská část Žebětín
- Městská část Maloměřice
- Arch Design
- Atelier Fontes s.r.o.
- Pratis s.r.o. Brno
- VH – Atelier s. r. o. Brno
- AQUAPROCON s.r.o.
- Český hydrometeorologický ústav Brno

Pro zpracování GOMB

byly využity tyto podklady:

MAPOVÉ DIGITÁLNÍ PODKLADY A GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ

Na základě smlouvy o výpůjčce uzavřené mezi Statutárním městem Brnem, Odborem městské informatiky, a Pöry Environment a.s. byla pro zpracování GOMB poskytnuta tato digitální data:

- digitální model terénu města Brna (DMT)
- výškopis – vyhlazené vrstevnice
- přehledné mapy – ZABAGED®, DMÚ 25, SMO5
- následovalo geodetické zaměření toků i inundační pro umožnění sestavení matematického modelu.

Jedná se o příčné a údolnicové řezy, všechen objekty na tocích, jako jsou mosty, lávky, stupně, jezy, velké odlehčovací stoky.

PROJEKTOVÉ

Postupně byly shromažďovány veškeré starší projektové dokumentace týkající se toků v Brně. Jejich výstupy jsou buď v digitální formě, nebo zejména u starších prací v tištěné formě. Podklady byly analyzovány z hlediska využitelnosti. Současně proběhly pochůzky na všech vybraných tocích, kde byly stanoveny tyto potřebné údaje:

- drsnostní součinitele pro výpočtový model nerovnoměrného proudění povodňového průtoku

- stanovení polohy příčných řezů pro zaměření
- nafotografování důležitých úseků na tocích včetně objektů, jako jsou mosty, stupně, jezy, rozdělovací objekty, retenční nádrže, přelivné objekty, sdružené objekty, odlehčovací výústění, křížení technických sítí, zaústění přítoků apod. Tyto fotografie jsou v Souhrnných technických zprávách jednotlivých toků celého elaborátu GOMB a mohou sloužit uživateli GOMB k rychlému získání znalostí o toku, případně jeho objektech.

HYDROLOGICKÉ

Na základě vyhodnocení starších hydrologických podkladů a jednání na ČHMÚ Brno byla provedena objednávka hydrologických dat ve vybraných profilech na tocích. Tato data (Q_n – leté průtoky, objemy povodňových vln) byla použita pro hydraulické výpočty nerovnoměrného proudění na tocích pro stanovení hladin a rozlivů povodňových stavů i pro výpočty průběhu hladin po návrhu PPO.

Na zbývajících řešených tocích byla využita starší data z dřívějších PD.

Stávající stav záplavového území

Stávající zátopová území byla stanovena na základě zaměření příčných řezů toků a všech významných objektů na tocích (jezy, mosty, lávky apod.), digitálního modelu terénu, platných hydrologických údajů. Následně byly vypočteny nerovnoměrným neustáleným prouděním pomocí programu MIKE11 průběhy hladin. Rozsah záplavového území je patrný z obr. 1. Pro výpočet stávajícího i návrhového stavu byly použity tyto N-leté průtoky:

Svratka (pod VD Brno) $Q_5 = 108,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (zeleňá čára), $Q_{20} = 177,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (červená čára), $Q_{100} = 280 \text{ m}^3/\text{s}$ (modrá šrafa) Q_{100} neovl. = $395 \text{ m}^3/\text{s}$ (hnědá šrafa).

Na ostatních tocích byly tyto výpočty provedeny v úsecích se stávající zástavbou případně v místech s plánovanou novou výstavbou v návaznosti na zpracováváný nový ÚP města Brna var. I a II.

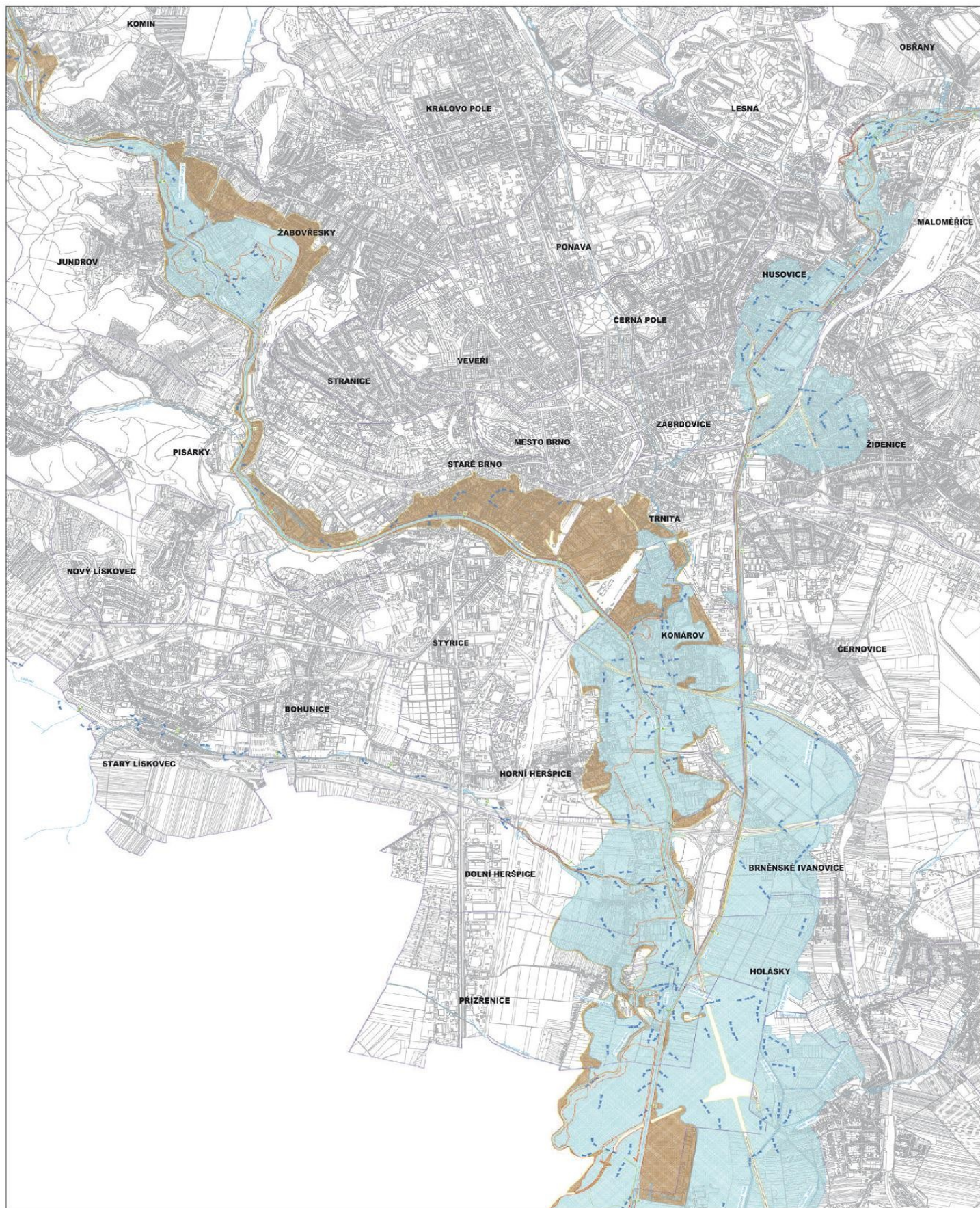
Kapacita hlavních toků je proměnná a toky mají místy kapacitu Q_1 , Q_5 , Q_{20} , Q_{100} . Řeka Svratka je ve sledovaném úseku převážně upravený tok, i když v některých úsecích již koryto dalo přirozený vzhled. Svitava je převážně upravená.

Návrh PPO

U řeky Svitavy byl návrh PPO proveden na průtok Q_{100} , v případě Svratky byl proveden i výpočet pro Q_{100} neovlivněné nádrží v povodí.

Bylo dohodnuto, že se protipovodňová opatření na Svratce budou navrhovat na Q_{100} neovlivněné nádrží v jejím povodí (šedá šrafa Q_{100} , černá šrafa Q_{100} neovl. v obr. 1). Důvodem je možnost opakování povodňových scénářů v ČR z let 1997,

Zátopové čáry dnešního stavu ve městě Brně, obr. 1



2002 a 2006 v povodí řeky Svratky, což dokazují výše uvedené roky posledních povodní v ČR. To znamená, že v povodí řeky Svratky nastane srážková epizoda se dvěma vydatnými srážkovými vlnami po sobě v krátkém časovém období. První z nich nasýtí půdní horizont a odtékající vody z povodí zaplní retenční prostory VD Vír I, Vír II a Brno. Druhá srážková vlna, časově 4~5 dnů po první vlně, steče s minimálním vsakem do toků. Zaplněné retenční prostory vodních nádrží následně nedokážou povodňovou vlnu transformovat, a tak město Brno ohrozí Q_{100} neovlivněné. V roce 1997 při průtoku vyšším jak Q_{100} v profilu nádrže Víru bylo velké štěstí, že byla nádrž vyprázdněna z důvodů výstavby odběrného objektu brněnského oblastního vodovodu. Proto byla povodňová vlna beze zbytku transformována. Obdobný případ dvou katastrofických srážek během jednoho týdne postihl ČR i v roce 2002. Hlavní město Praha pod Vltavskou kaskádou bylo po stejném scénáři dokonce zaplaveno až 500letou vodou.

Riziková analýza

Při zpracování návrhu PPO v rámci Genere-lu odvodnění města Brna byly uplatněny progresivní metody rizikové analýzy záplavových území, které umožňují vymezení rozsahu území potenciálně ohroženého povodněmi. Poskytují podklad pro rozhodování o diferencované míře protipovodňové ochrany na základě posouzení její oprávněnosti, účelnosti a rentability. Pro plošné hodnocení záplavového území byla použita tzv. metoda matice rizika. Tato metoda umožňuje jednak rozčlenění území z hlediska stupně povodňového ohrožení a dále označení ploch s překročenou mírou tzv. přijatelného rizika.

Protipovodňová ochrana by měla být dle charakteru ohrožených území diferencovaná. Z tohoto důvodu byla navržená protipovodňová opatření podrobena hodnocení ekonomické efektivnosti, jehož výsledky budou spolu s řadou dalších hledisek (např. sociální, environmentální atd.) důležitým podkladem pro rozhodování o prioritách realizace opatření v jednotlivých částech města Brna.

Výstupy z řešení metodami rizikové analýzy by se měly promítnout i do paralelně zpracovávaného územního plánu. Průběh i výsledky řešení ukazují, že metody rizikové analýzy záplavového území, opírající se o výstupy z účinných prostředků, matematického modelování proudění povrchové a podzemní vody, jsou významným přínosem v procesu zpracování generelních vodohospodářských výstupů, které jsou nezbytným podkladem při územním plánování v urbanizovaných územích. Tyto postupy lze v souladu s doporučeními Směrnice Evropského parlamentu a Rady o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik plně doporučit při zpracování generelů dalších měst i menších zastavěných území.

Vlastní technický návrh řešení PPO

Návrh protipovodňových opatření města Brna můžeme rozdělit do dvou částí:

1. Liniová PPO zabráňující rozlivům povodňových průtoků z toků

2. PPO na kanalizační síti, která zabraňuje zpětnému vzdutí z toků do sítě a současně umožňují fungování kanalizační sítě z hlediska odlehčení při srážkových epizodách v době povodní

ad 1) Hlavní zásadou při návrhu liniové PPO bylo umožnění rozlivu povodňových průtoků v lokalitách, kde je to možné a z vodohospodářského hlediska vhodné. Tyto plochy by měly vykompenzovat přirozenou záplavovou oblast, která by vznikla, bez realizace PPO. Při tomto řešení je počítáno s tím, že vzniklý prostor bude dále podrobněji řešen s ohledem na revitalizaci vodních toků ve vhodných lokalitách, s důrazem na pobytovou a rekreační funkci pro obyvatele. Navrhovaná protipovodňová opatření by měla chránit kromě ohrožené stávající zástavby i výhledové rozvojové lokality dle konceptu nového územního plánu města Brna podle varianty I. a II.

Vlastní návrh PPO byl pro Svratku proveden na úroveň průtoku $Q_{100 \text{ neovl}} = 395 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ s převýšením 0,3 m, pro Svitavu úroveň průtoku $Q_{100} = 180 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ s převýšením 0,5 m.

Základními třemi typy liniových protipovodňových opatření zde jsou:

- Zemní hráze (prioritně navrhovaný typ PPO, často ve vhodných místech jako odsazené od toku se sníženými břehovými hranami, které vytvářejí bermy proměnné šířky. Ty budou využívány pro rekreační využití obyvatel města). Budou zde hřiště pro rekreační sporty, lavičky s odpočívadly a může zde být ojediněle výsadba skupin stromů a keřů. Na bermách vzniknou tak zvané povodňové parky. Tyto bermy budou vyžadovat pravidelnou údržbu a sečení travních porostů. Kapacita koryta v prostoru snížených berem je na $Q_5 - Q_{10}$.
- Železobetonové úhlové zídky (ve stísněných podmínkách zástavby nebo přibřežních komunikací mohou být různé architektonicky ztvárněny (jako je obklad kamenem, popínávacími rostlinami apod.).
- Mobilní hrazení (v prostorách, kde z důvodů nutnosti zachování komunikačních tras v době mimo povodeň nemohou být pevná PPO – křižující komunikace, mosty, přítoky atd.).

Dalšími opatřeními souvisejícími s návrhem PPO je zkapacitnění nevhodných objektů na tocích:

- snížení pevných přepadových hran u 8 jezů o 1 m, přičemž hladina stálého nadržení bude zachována na stávající úrovni pomocí moderní pohyblivé jezové konstrukce),
- rekonstrukce nekapacitních přemostění (8 lávek a 2 mosty).

Kromě výše uvedených typů opatření je třeba zmínit dvě lokality s odlišnou koncepcí návrhu PPO. Jedná se o lokalitu Žabovřeských luk, kde je v souladu s návrhem ÚP a Prověřovací studií Žabovřeské louky navržena dvoustupňová linie PPO. První stupeň PPO tvoří **zemní hráz s ochranou na Q_{20}** odsazená od LB hrany toku ve vzdálenosti do 450 m. V prostoru mezi sníženou břeh-

ovou hranou a touto hrází navržena krajinná zeleň typu lužní les. Druhou linií PPO tvoří **zemní val o šířce cca 50 m**, výškově 4 m nad terénem, sklony svahu cca 1:6 ~ 1:8, odsazen od toku až o 750 m. Val bude mít funkci ochrany před $Q_{100 \text{ neovl}}$ a současně funkci protihlukovou nově navrženého parku od VMO, který vede v těsné blízkosti tohoto valu. V prostoru mezi liniemi PPO bude parková zeleň typu Lužánky včetně prostoru pro sportovní plochy.

Další odlišnou lokalitou z hlediska návrhu PPO je Suchá nádrž Chrlice v místě soutoku Ivanovického a Tuřanského potoka. Nádrž bude sloužit k ochraně západní části Chrlic před povodňovou vlnou při střetu průtoků Q_{100} neovl. Svratky a Q_{100} Svitavy, ale i před povodňovými průtoky Ivanovického a Tuřanského potoka.

Finanční náročnost

Z hlediska funkčnosti byly návrhy liniové PPO rozčleněny v rámci GOMB na 16 úseků (hydraulicky zcela nezávislých), které byly finančně ohodnoceny. Následně se ukázalo, že z hlediska postupné realizace s ohledem na finanční náročnost takto velkých úseků bylo nutné toto členění ještě více zpodrobnit na celkem 28 úseků.

Toto podrobnější členění bylo provedeno následně po zpracování GOMB v rámci Multikriteriální analýzy (MKA) v 04. 2009. V rámci MKA byla pro postupnou projekční přípravu jednotlivých úseků zohledněna další kritéria pro stanovení priorit jednotlivých etap, jako je ohrožení počtu obyvatel a důležitých objektů, environmentální hledisko, ohrožení důležitých historických budov i dopravní hledisko.

Výčíslené náklady na PPO na vodních tocích pro liniovou ochranu jsou cca 2,7 mld. Kč (3,2 mld. vč. DPH) v cenové úrovni roku 2008.

ad 2) Návrh protipovodňové ochrany kanalizační sítě je zpracován pro 2 varianty řešení ÚPmB a je rozdělen do dvou částí:

- a) ochrana kanalizační sítě v zaplavovaném území,
- b) ochrana kanalizační sítě před Q_{100} a před vytopením zástavby dešťovými vodami.

a) Ochrana kanalizační sítě v zaplavovaném území bude navazovat na návrh liniové protipovodňové ochrany budované v rámci protipovodňové ochrany vodních toků.

V rámci této části návrhu PPO bude provedena rekonstrukce:

- 1) vstupních komínů se zabudováním vodotěsných poklopů nebo vytažení vodotěsných komínů nad úroveň Q_{100} , včetně opevnění násypů komínů. Rozsah těchto opatření je uveden v tabulce „1“ přílohy k Technické zprávě. Ocenění těchto opatření bylo provedeno pro každou šachtu. Předpokládá se výměna stávajících vstupních komínů a jejich obetonování.
- 2) Zabezpečením kanalizace, která prochází záplavovým územím a je ve špatného stavu nebo bude snížena úroveň stávajícího terénu. Potom bude nutné zajistit stabilitu stávajících

konstrukcí obetonováním stávajícího profilu stoky v celé délce včetně zabezpečení vstupních komínů, které jsou uvedeny v pol. 1.

- 3) Provedením rekonstrukce stoky v zaplavené délce v návrhovém profilu dle návrhového stavu GOMB. Rekonstrukci je potřeba realizovat z důvodu snížení nadloží kanalizace a z důvodu zajištění její stability, podložené nutností zvýšení profilu kanalizací.

- b) Ochrana kanalizační sítě před vniknutím Q_{100} a před vytopením zástavby dešťovými vodami.

V rámci tohoto souboru opatření byly posouzeny veškeré výstupy dešťové kanalizace na území města Brna a výstupy jednotné kanalizace z odlehčovací komory.

V místech výstupu, která jsou výškově pod úrovní Q_{100} , bylo prošetřeno, zda může dojít k vylití Q_{100} do terénu některou stávající šachtou. Návrh opatření je možné rozdělit do dvou následujících skupin:

- 1) Jedná se o malý přítok dešťových vod, který po dobu srážky bude možné akumulovat ve stokové síti, potom je navrženo v šachtě před výstupním objektem hrazení, které zabrání vniknutí říční vody do systému kanalizace.
- 2) V případě, že kanalizační systém za hrazením nemá tak velké akumulační schopnosti, aby mohl akumulovat srážku z přilehlého území, bylo nutné navrhnout ČS dešťových vod. Velikost čerpací stanice je závislá na schopnosti

akumulace kanalizační sítě a na navrhované srážce, proti které by mělo být území ochráněno. Návrh čerpacích stanic v rámci PPO Brna byl proveden na návrhovou srážku dle GOMB, tj. syntetický déšť dle Šifaldy, což odpovídá ochraně území proti dešti opakujícímu se 1x za 2–5 let.

Pro každou čerpací stanici se počítá s vybavením 1 náhradního zdroje elektrické energie.

Veškeré zařízení je počítáno v materiálech nerez, případně litina. Detailní návrhy jednotlivých míst musí být provedeny po zaměření lokalit pro umístění vlastního zařízení. Pro každou navrženou čerpací stanici se předpokládá vybudování nové čerpací jímky nasazené na stávající potrubí v jednom objektu (šachtě) s umístěním hradidla nebo šoupátka.

Návrh výše uvedených opatření musí být realizován v součinnosti s realizací protipovodňových opatření na vodních tocích.

Celkový odhad finančních nákladů na vybudování PPO na kanalizační síti je 580 231 tis. Kč. V této ceně je zahrnuta 20% rezerva.

Závěr

V 04/2010 Rada města Brna schválila investiční záměr na první čtyři etapy Realizace PPO města Brna, a to etapy XXII. Židenice L.B. Svitavy, etapy XI. prostor výstavby ŽUB a Jižního centra L.B. Svatky, etapy VII- prostor Pisárky Poříčí L.B.

Svatky a etapy XXI. prostor Husovice Zábrdovice. P.B. Svitavy.

Tyto čtyři etapy vyšly na základě Multikriteriální analýzy jako nejvíce ohrožené a současně z hlediska rozvoje města Brna jako nejvíce prospěšné. Jde zejména o:

- stupeň povodňového rizika pro stávající stav v zájmovém území
- potenciální povodňové škody
- odhad počtu dotčených obyvatel
- environmentálních hledisek případného ohrožení při povodni
- ohrožení citlivých objektů, jako nemocnice, domovy pro seniory, školy hasiči, armáda, policie apod.
- pořadí z hlediska priorit rozvoje města
- ohrožení důležitých historických objektů.

Termíny realizace v tomto schváleném IZ jsou v letech 2011–2016.

Podklady

- [1] Generel odvodnění města Brna – část C Vodní toky Pöry Environment a.s., DHI a.s. 09/2009
- [2] Rozšířená multikriteriální analýza s cílem navrhnout pořadí priorit realizace PPO města Brna, Pöry Environment a.s. 04/2009
- [3] Brněnský metropolitán 11/2008



PÖRY

Engineering balanced sustainability™

PÖRY ENVIRONMENT a.s. NABÍZÍ SVÝM ZÁKAZNÍKŮM TYTO SLUŽBY:

- INŽENÝRSKÁ A PROJEKTOVÁ ČINNOST VE VŠECH OBORECH VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ • KONZULTACE, PORADENSTVÍ V ŽÁDOSTECH O FINANČNÍ PODPORU Z FONDŮ EU • PROJEKTY A DODÁVKY VAKOVÝCH JEZŮ
- NÁVRHY PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ • VEŠKERÉ GEODETICKÉ A PRŮZKUMNÉ PRÁCE

ÚSTŘEDÍ SPOL.: Brno, Botanická 834/56, 602 00 BRNO, tel.: +420 541 554 111, fax: +420 541 211 205, e-mail: trade.wecz@pory.com
www.pory.cz

POBOČKY: Praha: Bezová 1658, 147 14 Praha 4, tel.: +420 244 062 353
Ostrava: Varenská 49, 701 00 Ostrava, tel.: +420 596 657 206
Břeclav: Růžickova 5, 690 39 Břeclav, tel.: +420 519 322 304
Trenčín: Organizační složka, Jesenského 3175, 911 01 Trenčín, tel.: +421 326 522 600