

MOŽNOSTI A EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Ladislav Satrapa & Pavel Fošumpaur & Martin Horský

Poslední povodně z dubna letošního roku opět připomněly, že s rozmary přírody je nutné počítat a respektovat ohrožení, která nám povodně přinášejí.

V období mezi jarní povodní a volbami do Poslanecké sněmovny bylo povodňové téma více než vděčným politickým tématem. Důsledkem proběhlých povodní a představ o rychlém získání příznivé veřejnosti je módní trend, kterým je volání po výstavbě protipovodňových opatření.

Stejně jako v mnoha případech neuvážená a nekoncepční výstavba suchých retenčních nádrží (poldrů) po povodni v roce 1997 a 2002 je nyní často prosazována izolovaná a opět nekoncepční výstavba lokálních protipovodňových opatření v obcích a městech.

Vybudované poldry často ovládají příliš malá dílčí povodí, regulační objekty nejsou provozně zcela bezpečné a účinné. Navíc suché nádrže neumožňují hospodaření s vodou, neboť nevytvářejí žádnou zásobu vody. Při postupném zvyšování nároků na vodní zdroje z důvodu očekávaných změn klimatu je škoda, že místo poldrů nebyly vybudovány víceúčelové nádrže s převažující protipovodňovou funkcí. V budoucnu by tyto nádrže mohly být řešením regionálních problémů s kapacitou zdrojů vody. Přebudování suchých nádrží na nádrže se stálou zásobou vody je sice možné, ale zbytečně nákladné.

Po povodni v dubnu letošního roku se dále zvýšil zájem obcí a měst o budování lokálních protipovodňových opatření. Stejně jako u poldrů lze i v této vlně zájmu o ochranu před povodněmi najít málo účinná opatření nebo opatření sice technicky opodstatněná, ale nepříznivě zasahující do kvality životního prostředí (např. vysoké hráze nebo jinak dominantní stavby – kolem obcí – těžko akceptovatelné z architektonického hlediska).

Je nutné připomenout jednu významnou skutečnost. V období středověku bylo na našem území skoro třikrát více malých vodních nádrží než je tomu nyní. Malé vodní nádrže (rybníky) mohou hrát ve svém počtu významnou protipovodňovou roli tím, že částečně zadržují objem povodně a jsou v našich geografických podmínkách („střecha Evropy“) nezastupitelné i při zachycování a zpomalování odtoku vody z našeho území. Funkce vodní zásoby je u rybníků dále podtržena významným pozitivním ekologickým a estetickým účinkem vodní nádrže a vodní plochy. Obnova dřívě zrušených malých nádrží je právě tou oblastí, na kterou by se mělo zaměřit úsilí obcí, měst a regionů. Výsledky těchto aktivit budou vždy pozitivní.

Důležitým krokem v navrhování protipovodňových opatření je velmi zodpovědná úvaha, zda je nutné protipovodňové opatření realizovat. Řídký výskyt povodňových událostí může být důvodem ke smíření se s občasným nepohodlím a škodami, které jsou převáženy příjemným bydlením v blízkosti vodního toku. Pokud však povodně ohrožují zdraví obyvatel, jejich životní jistoty, stavby pro bydlení nebo jiné významné objekty v intravilánu, pak je nutné o protipovodňové ochraně vážně uvažovat.

Ve fázi úvah o návrhu protipovodňových opatření je nutné řešit dvě otázky.

První otázkou je návrhový průtok pro protipovodňovou ochranu. V praxi se často stanovují N-leté průtoky jako návrhové pro protipovodňovou ochranu (např. Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} apod.). Tento postup je však nutné považovat za ne zcela dokonalý a překonaný. Jednak jsou hodnoty N-letých průtoků zatíženy velkou chybou (od $\pm 10\%$ do $\pm 60\%$

stanovené hodnoty) vyplývající ze statistického zpracování pozorovaných hodnot, jednak může být volba návrhového průtoky výsledkem jiných než odborných diskusí. Při skutečných povodních se navíc často stává, že při stejném průtoku dosahují hladiny vody jiných úrovní (jiný objem povodně, jiné roční období, místní zácpy v proudu apod.).

Vhodnějším postupem je vytipování klíčových oblastí, staveb, prvků infrastruktury atd., které je nutné před povodní chránit a stanovit tedy tímto způsobem návrhové hladiny v jednotlivých lokalitách. Souvislost těchto hladin je pak odborníky analyzována při návrhu a projektování protipovodňových opatření.

Druhou otázkou je volba druhu protipovodňové ochrany. Zde je nutné postupovat od nejjednodušších a nejméně nákladných opatření ke složitějším a nákladnějším. V následujícím textu jsou popsána použitelná opatření pro ochranu před povodněmi.

Změna funkčního využití území je nejrazantnějším a neúčinnějším, i když často těžko realizovatelným, protipovodňovým opatřením. V tomto případě se provádí odstranění konstrukčně nevhodných staveb a jinak zranitelných objektů, dalších objektů omezujících odtok vody apod. ze záplavového území a mění se způsob využití území.

V některých případech ohrožení povodní je z realizačních, organizačních a ekonomických důvodů komplikované budovat stavební protipovodňová opatření (např. solitérní historické stavby v rozsáhlých záplavových územích). Jako optimální se v tomto případě jeví **včasné varování s navazující evakuací nebo jinými organizačními opatřeními**. Na vlastní povodni zasažené lokalitě se připouští předem známé škody, jejichž krytí je i v dlouhodobém výhledu přínosnější než investice do stavebních protipovodňových opatření. Důleži-

tým faktorem využitelnosti uvedeného postupu je dokonalá preventivní informovanost dotčených osob. Současně je nutné provést na potenciálně povodni zasažených stavbách určité technické úpravy (výškové posunutí napojovacích bodů energií, např. elektro, posunutí prvků technického zařízení budov do vyšších pater, např. topení, vzduchotechnika).

Mezi technicky jednodušší stavební protipovodňová opatření patří **stavební úpravy podél vodních toků**, které zlepšují odtokové poměry (zkapacitnění koryt) nebo které chrání do určité návrhové povodně vybrané území (podélné ochranné hráze apod.). Zde je nutné si uvědomit, že při překročení návrhového průtoku může být i chráněné území zaplaveno a ohroženo povodňovou situací. K poměrně jednoduchým opatřením, která mohou významně snížit účinky povodní, patří úpravy nekapacitních profilů na tocích (např. rekonstrukce málo průtočných mostů) a zachycování plávi (prevence proti transportu plovoucích předmětů, zachycování plávi před nebezpečnými profily). Tato opatření mohou eliminovat místní blokády, které vzdouvají vodu a po protržení vytvářejí nebezpečné rychlé vlny.

K náročnějším technickým opatřením patří **převody vody**, kdy se buduje ve vhodném místě paralelní koryto pro odvedení průtoku mimo oblast, kde povodně způsobují problémy. K převodům vody patří i opatření pro zachycení a odvedení vod mimo intravilán obcí na svažitých územích. V mnoha případech se opatřeními tohoto typu dají řešit problémy povrchových splachů při přívalových deštích. Převody vody se budují i mezi povodněmi převede voda např. tunelem, kanálem atd. do povodí, kde jsou povodně lépe zvládnutelné nebo kde méně škodí. Nejvýznamnější stavbou tohoto druhu, se kterou jsme se setkali, je převedení povodňových průtoků pro zlepšení ochrany španělské Barcelony.

Technicky nejnáročnější je budování protipovodňových opatření využívajících **retenční prostory pro regulaci odtoku za povodně**. Vytvoření retenčních prostor je možné výstavbou suchých nádrží nebo nádrží se stálým objemem vody. Návrh a výstavba retenčních prostor musí být předem velmi pečlivě odborně analyzována. V opačném případě nové retenční prostory nepřinášejí požadovaný efekt a navíc mohou vybudované vzdouvací stavby vytvářet velké potenciální nebezpečí pro oblasti podél toku (při protržení hrází).

Všechna výše uvedená protipovodňová opatření lze propojovat do **systémů protipovodňové ochrany**. Účinnost jednotlivých prvků ochrany se při systémovém přístupu podstatně zvyšuje.

Závěrem této části je nutné velmi důrazně připomenout, že všechna technická opatření protipovodňové ochrany mohou být větší než návrhovou povodni překonána a chráněné hodnoty tak jsou stále potenciálně povodněmi ohrožovány.

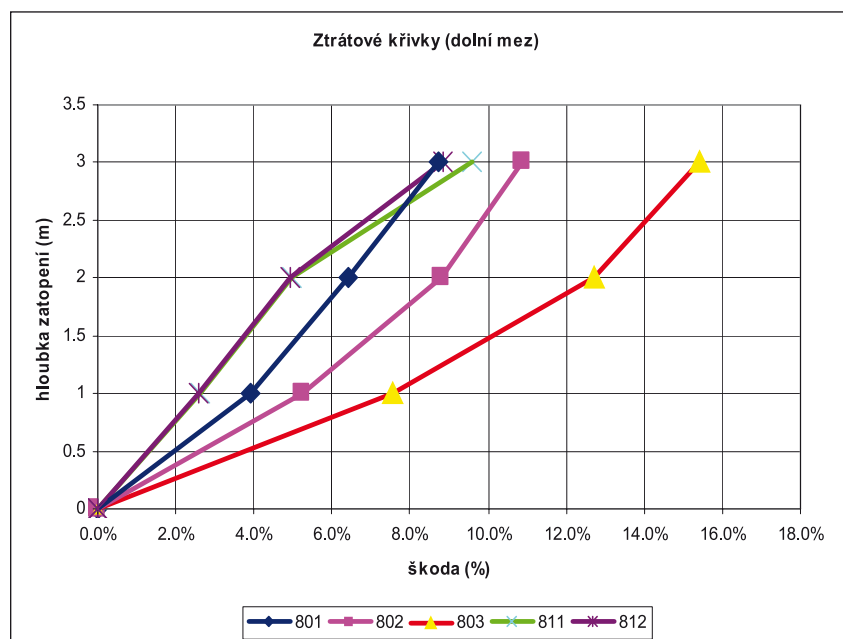
Nejjistějším druhem protipovodňové ochrany je tedy buď **opuštění záplavového území** nebo **smíření se a ztotožnění se s občasným dotekem přirozených přírodních jevů**.

Vzájemný vztah povodňových škod a nákladů na ochranu před povodněmi

Úvahy o návrhu protipovodňových opatření je velmi důležité podepřít též ekonomickou rozvahou. Některé aspekty dopadů povodni nelze plně ekonomicky ohodnotit (vlivy na zdraví a životy ohrožených osob, ekologické újmy, následně vyvolané škody – např. nezaměstnanost po krachu firem apod.), avšak větší část škod je poměrně dobře ekonomicky vyjádřitelná.

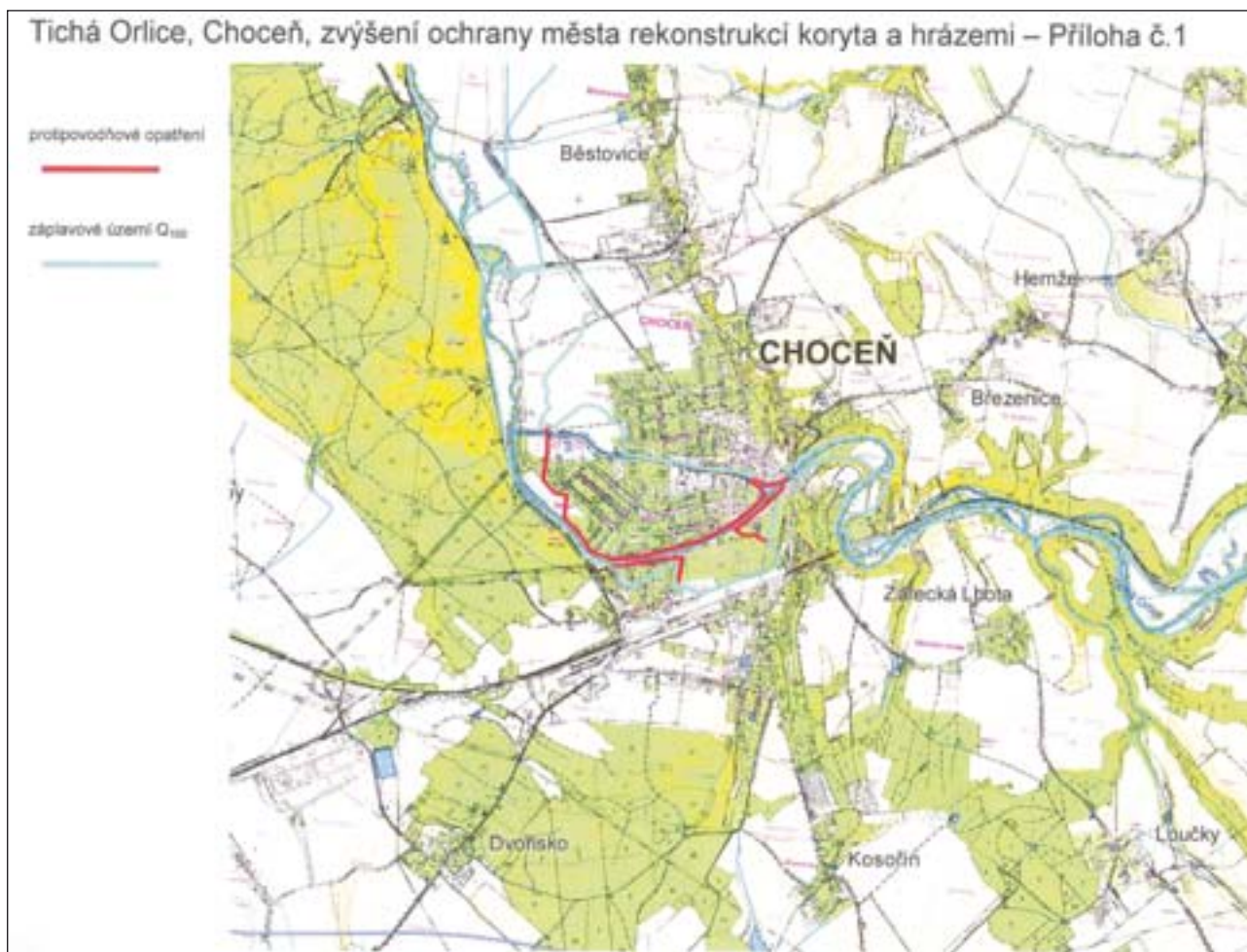
Pomocí vhodných postupů, které jsme na Katedře hydrotechniky ČVUT v Praze vytvořili pro podmínky ČR – škodní křivky a vzorce (příklad na obr. 1) se stanoví pro různé velké povodně dopady na zaplavené území – stanoví se očekávané škody a následně škodní křivka celého záplavového území (Choceň – obr. 2). Ekonomické hodnocení je dále podepřeno statistikami záplavového území – počty ohrožených osob, počty ohrožených domů, bytů apod., ohrožené průmyslové provozy, ekologická nebezpečí.

Vedle škod se poté na váhy položí náklady na přípravu a výstavbu protipovodňových opatření a stanoví se ekonomická efektivnost výstavby těchto opatření. Jak již bylo řečeno výše, není ekonomická stránka věci jediným



Obr. 1: Škodní křivky pro stavby

(škoda je vyjádřena jako procento nákladů na vybudování nové stavby daného druhu škoda vyjadřuje náklady na uvedení stavby do původního stavu 801 až 812 je kategorizace staveb podle JKSO)



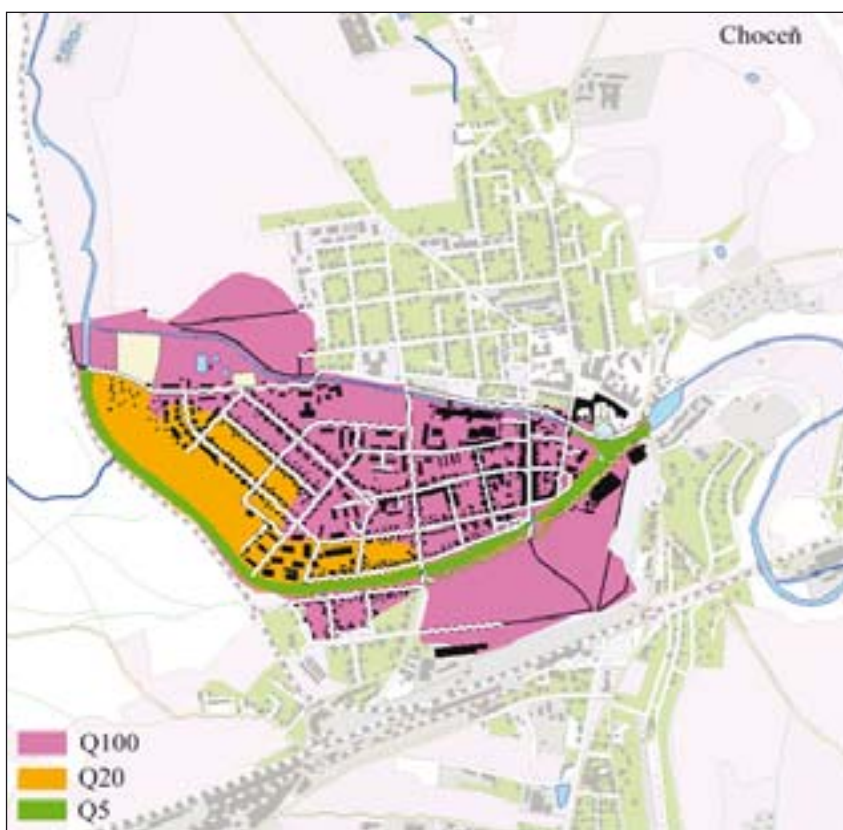
Obr. 2: Protipovodňová opatření v Chocni; dále je součástí protipovodňových opatření výstavba nádrží na Tiché Orlici a Třebovce

kritériem při rozhodování, avšak může být významným podpůrným argumentem pro rozhodování o míře ochrany.

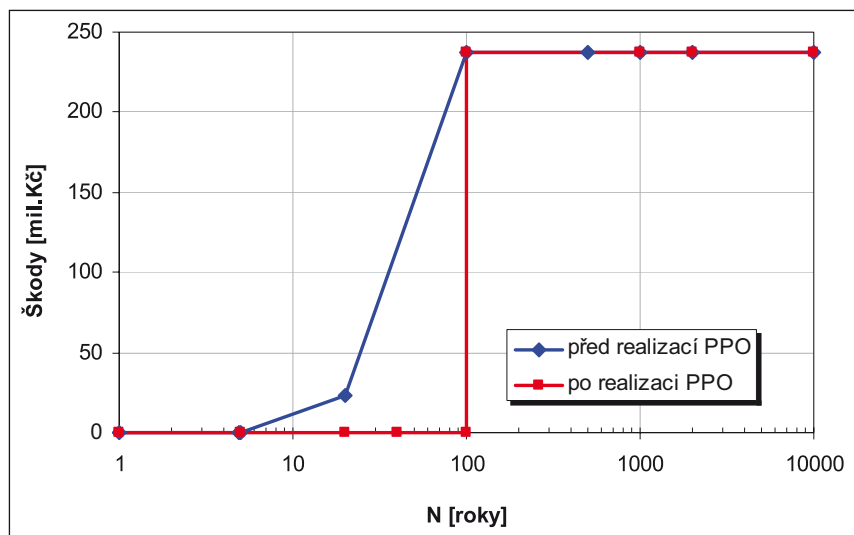
Na následujícím příkladě je dokumentován postup, který vede k objektivizaci návrhu protipovodňových opatření. Jedná se o analýzu protipovodňové ochrany města Chocně.

Choceň – vyhodnocení efektivity protipovodňové ochrany

Na obrázku 3 vidíme záplavová území v Chocni před realizací protipovodňových opatření. Ze záplavových území se na základě místního šetření a s využitím vypracovaných postupů stanoví potenciální škody pro různé povodňové situace. Hodnotíme škody na budovách pro bydlení, budovách občanské vybavenosti, komunikacích, technické infrastruktuře, zelených plochách, průmyslové škody atd.

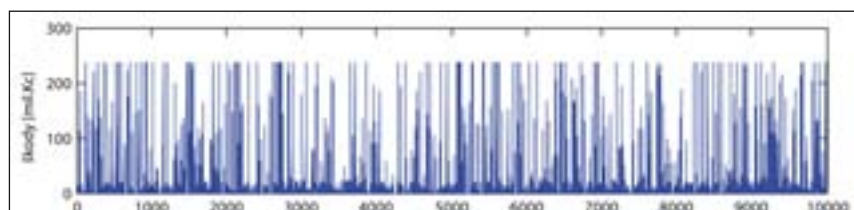


Obrázek 3: Záplavová území v Chocni před realizací protipovodňové ochrany

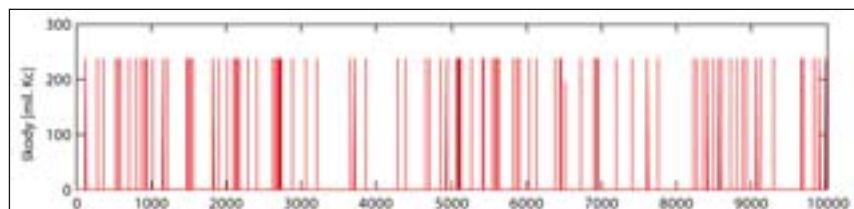


Obr. 4: Průběh povodňových škod v Choceň před výstavbou a po výstavbě protipovodňové ochrany

(vodorovná osa – roky opakování povodně – pro stoletou povodeň je škoda 240 mil. Kč, pro padesátiletou povodeň je škoda před výstavbou přibližně 120 mil. Kč, po výstavbě 0)



Obr. 5: Povodňové škody v Choceň před výstavbou protipovodňové ochrany
(vodorovná osa – roky)



Obr. 6: Povodňové škody v Choceň po výstavbě protipovodňové ochrany
(vodorovná osa – roky)

Systém PPO	Před realizací PPO	Po realizaci PPO	jednotky
Prům. roční riziko (R)	7.788	2.334	[mil. Kč/rok]
Diskontní sazba (DS)	3%	3%	
Kapital. Riziko (R_c)	259.610	77.811	[mil. Kč]
Náklady (I)	0	61.10	[mil. Kč]
Poměrová efektivnost (PU)		2.98	[-]
Absolutní efektivnost (AU)		120.70	[mil. Kč]
Doba návratnosti (DN)		11	[mil. Kč]

Tab. 1: Výsledky ekonomické analýzy protipovodňové ochrany v Choceň

Na obrázku 4 vidíme škodní funkci pro celou Choceň pro situaci před výstavbou a po výstavbě ochranných

opatření. Situace po výstavbě opatření se hodnotí stejným postupem jako před výstavbou, jsou však samozřejmě

jiné rozsahy záplavových území. Povodně jsou redukovány a je ovlivněn jejich průběh zkoumaným územím.

Křivku škod podle obrázku 4 využijeme ke zjištění, jaké celkové škody mohou povodně způsobit za dlouhé období. Před výstavbou opatření je Choceň periodicky zaplavována různě velkými povodněmi. Velikost škod při těchto různých povodních odečteme právě z obrázku 4. Jak velké povodně se v průběhu sledovaného období vyskytují, lze statisticky analyzovat. Statistický odhad se pak promítne přes graf v obrázku 4 do průběhu škod v dlouhodobém období. Výsledek pro období 10000 let je zřejmý z obrázku 5, který představuje škody před výstavbou ochranných prvků.

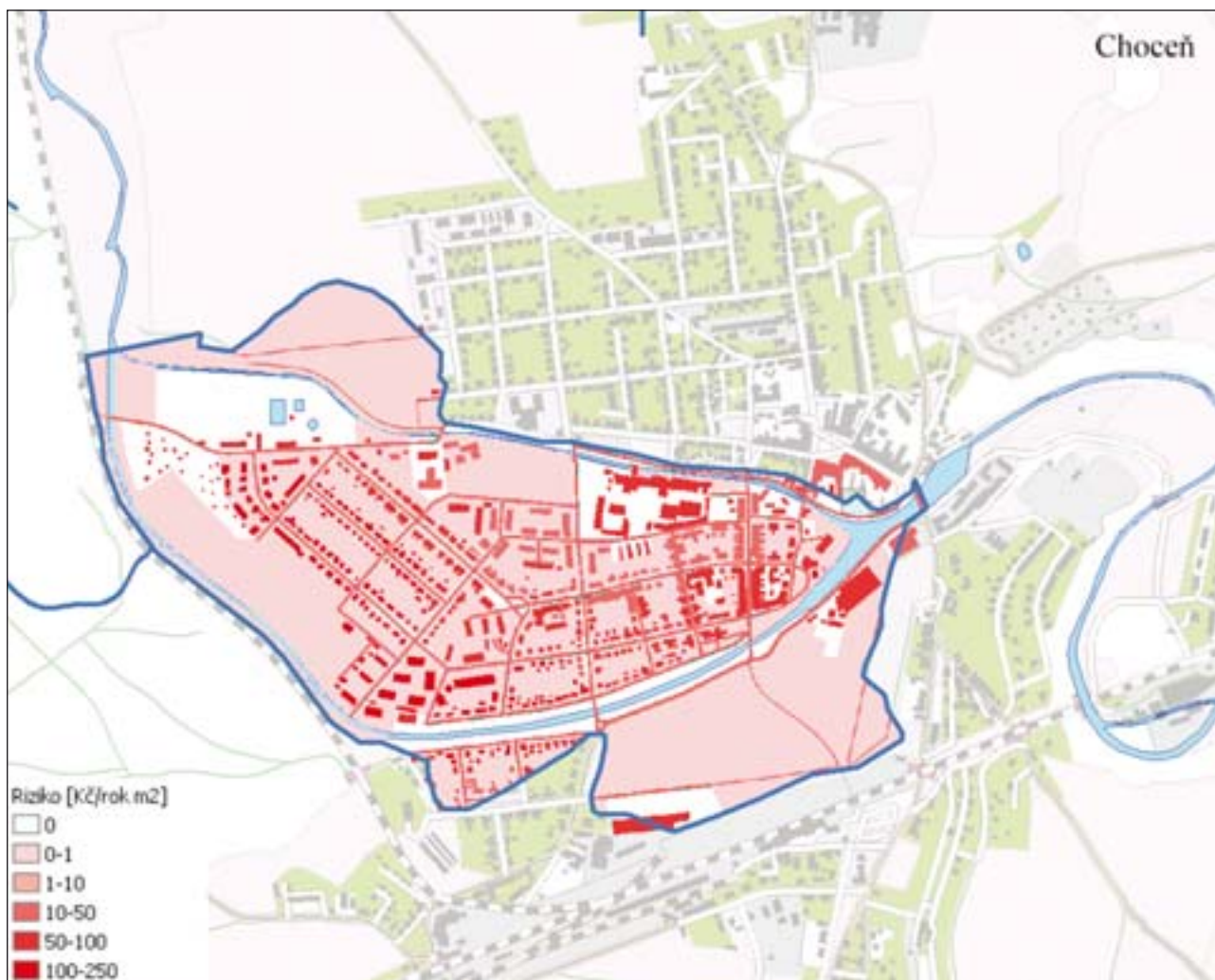
Po výstavbě opatření je situace jiná, neboť škody nejsou již tak časté a jsou menší – obrázek 6.

Z výsledků prezentovaných pomocí obrázků 5 a 6 lze jednoduchým výpočtem stanovit následující parametry:

Průměrné roční riziko je velmi zajímavý ukazatel. Tato hodnota udává, kolik finančních prostředků je třeba ročně spořit, aby bylo možné průběžně sanovat povodňové škody. Z tabulky 1 vidíme, jak se tato částka mění realizací opatření na ochranu před povodněmi. Dalším zajímavým ukazatelem je poměrová efektivnost. Tato hodnota udává, o kolik Kč snížíme povodňové škody jednou Kč vynaloženou na ochranu. U málo efektivních investic do ochrany před povodněmi je tato hodnota menší než 1. Dobrou výpočtovou schopnost má též doba návratnosti vynaložených investic. 11 let je v protipovodňové ochraně vynikající hodnota.

Celkově lze konstatovat, že protipovodňová ochrana v Choceň je navržena jako velmi účinná a vysoce efektivní.

Velký význam hodnoty průměrného ročního rizika ukážeme ještě na obrázku 7. Na něm vidíme rozložení hodnoty průměrného ročního rizika uvnitř území města Choceň. Námí používaná metodika pracuje s detailem jednotlivých budov, tak-



Obr. 7: Mapa rizik po objektech v záplavovém území

že v průběhu stanovování škod provádíme výpočty škod a rizik po jednotlivých stavbách. Po vyhodnocení výsledků může každý majitel stavby zjistit, jaká hodnota rizika se jej přibližně týká a jaké škody v dlouhodobém období může očekávat, resp. jaké finanční prostředky bude muset vynaložit, aby se vyrovnal s následky povodní.

Podíváme-li se do oblouku toku Tiché Orlice na jižním okraji záplavového území, vidíme, že zde umístěné objekty se nacházejí v oblastech ročního rizika od 100 do 250 Kč na jedem metr čtvereční půdorysné plochy objektu (tmavě červená barva). Při půdorysném rozměru objektu např. 10×25 m (panelové bytové domy) je celkové roční riziko pro vybraný objekt 10×25×(100 až 250) Kč. Celkem tedy s uvážením 250 Kč na rok na metr čtvereční je hodnota pro celý objekt 62500 Kč. Tuto su-

mu je nutné ročně odkládat na povodňový účet objektu pro krytí škod způsobených povodněmi. Po výstavbě protipovodňových opatření bude tato hodnota samozřejmě nižší, neboť bude nižší hodnota rizika a tím se zvýšená ochrana obce přímo promítne i do ekonomiky jednotlivého vlastníka ohrožené nemovitosti.

Mimoekonomické aspekty ochrany před povodněmi

Jak již bylo naznačeno výše, není ekonomické hodnocení protipovodňových opatření jediným kritériem. Je nutné brát do úvahy kulturní, sociální, ekologické a další aspekty související s povodňovým ohrožením. Prezentovaný postup a jeho výsledky nicméně ukazují, že ekonomický přístup je racionálním a objektivním nástrojem pro podporu rozhodování. A to i proto, že investice do protipovodňové ochrany

jsou vysoké, dlouhodobé a výrazným způsobem mohou pozitivně i negativně ovlivnit budoucí vývoj regionů.

Budoucnost protipovodňové ochrany u nás

Na základě zkušeností našeho týmu za období posledních deseti let je možné konstatovat, že v přípravě, navrhování a výstavbě protipovodňových opatření musíme být velice obezřetní. Znovu je nutné připomenout, že každé technické protipovodňové opatření může být překonáno povodní větší než návrhovou a že průběh každé povodně je náhodný proces ovlivněný mnoha faktory. Jednoznačně je nutné preferovat zásadu vyklizení prostoru vodě tak, aby mohla volně odtékat.

Druhým aspektem ovlivňujícím dlouhodobě rozvoj České republiky je financování protipovodňových opatření. Jedná se o vysoké finanční objemy,

kteře je nutné vynakládat pouze v těch případech, ve kterých se prokáže účelnost vynaložených peněz.

Dalším a velmi významným aspektem je skutečnost, že technické řešení protipovodňových opatření často mění estetiku krajiny. Hrázování podél toků, obkličování osad a obcí protipovodňovými bariérami apod. nejen škodí odtokovým poměrům, ale také vytváří neestetické prvky v krajině, které snižují kvalitu bydlení.

Naše geografická poloha vyžaduje, abychom v maximální míře udrželi vodu v krajině. V protipovodňové ochraně je velmi důležitá stabilita hor-

ních toků. S tím souvisí i preference nových nádrží s retenčním, ale i zásobním objemem a maximální obnova malých vodních nádrží v původních profilech.

Pro naši budoucnost je podstatně důležitější naučit se žít s povodněmi a respektovat přírodu. Technická ochrana před velkými vodami by měla být vždy komplexně zvažována, a to s chladnou hlavou a bez pohnutek vycházejících ze zájmu o zviditelnění se a získání nějakého druhu popularity. V ochraně před povodněmi je mnoho neznámých a snadno se může stát, že některá náročná a nákladná opatření

mohou být za pár desetiletí z důvodu změny klimatu velmi málo účinná. Vynaložené úsilí, prostředky a změny v krajině budou pak již nevratné nebo těžko napravitelné.

[Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru VZ 02 – MSM 6840770002.]

*doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.
Dr. Ing. Pavel Fošumpaur
Ing. Martin Horský
Katedra hydrotechniky
Fakulta stavební ČVUT*

ENGLISH ABSTRACT

Options and the Economic Efficiency of Flood Prevention Measures, by Ladislav Satrapa, Pavel Fošumpaur and Martin Horský

The floods of April this year have again reminded us of the necessity to count with whatever behaviour of the nature and the danger of floods. In the period between the spring flood and the Czech parliamentary election, floods was a rewarding political topic to talk about. As a result of the floods, and in view of some easy support form the public, the call for flood prevention measures became a rather fashionable argument.

Same as the construction of dry conduit regulators (polders) after the floods of 1997 and 2002, often lacking in profound consideration and concept, isolated and inconsistent construction of local flood prevention mechanisms is now urged in villages and towns. Many polders cannot but control very small river basins, and not all the regulators are fully safe and efficient. On top of that, dry conduit regulators cannot maintain water supply, so it is a pity that multifunctional reservoirs were not built instead, especially so under the increasing demand for water resources. The reconstruction of dry regulators into reservoirs is possible but too expensive.

As was the case with polders, the newest wave of the concern for flood prevention includes inefficient measures or those technically feasible but not environment-friendly (such as high dams or other dominant buildings, hardly acceptable in the landscape). And, another important point has to be mentioned: in the middle ages, there were almost three times more small water reservoirs in the Czech territory than today. Such small reservoirs (ponds) in their large numbers can play a vital role in flood prevention, holding back part of the volume of the deluge and being essential under our geographic conditions (on the "roof of Europe") to detain and slow down the outflow from our territory. Also important, ponds imply a positive environmental and aesthetic effect. It is the renovation of abandoned small reservoirs what the efforts of municipalities and regional authorities should aim at. The results of such activities will always be positive.