

Hodnocení dopadů povodní na kulturní krajinu

Říha, J.: Assessment of the Flood Impacts on Cultural Landscape. *Životné prostredie*, 2016, 50, 3, p. 176 – 182.

Floods as natural hydrological phenomena historically affect flooded areas, form its geological structure, terrain and occurrence of particular elements in the landscape. With the development of the civilisation the floodplains were gradually populated and affected by human interventions. This led to an increase of property in the floodplains and also to gradual transformation of natural landscape into recently prevailing cultural landscape. Therefore these days the flood impacts are understood mostly as flood losses. The aim of the society is to reduce flood losses to socially acceptable level. This evokes further changes into the floodplains which are called flood protection arrangements. In the paper the assessment of flood losses is summarized in terms of direct losses and also secondary impacts. The methods of flood loss quantification are also mentioned in brief.

Keywords: flood, flood loss, cultural landscape, flood risk analysis

Povodně jsou přírodním hydrologickým jevem, při kterém dochází k překročení průtočné kapacity vodních toků a k následnému rozliti vody v krajině mimo koryta vodních toků. Povodně od nepaměti ovlivňují krajinu podél vodních toků a její složky, jako jsou reliéf, půda, morfologie vodních toků, vegetační pokryv, zvířena, a také samotného člověka. Povodně také ovlivňují geologickou skladbu údolních niv. Specifický prostor v rámci krajiny představuje údolní niva, která se vyznačuje velkou dynamikou přírodních, především fluvialních procesů. Zároveň je tento prostor výrazně antropogenně ovlivněn a využíván.

S rozvojem civilizace byla na nivy kolem významných vodních toků vždy vázána intenzivní činnost lidí. Prakticky všechna významná sídla jsou umístěna na březích toků, které odedávna sloužily jako zdroj vody, energie a také jako dopravní cesta. Plochá území pokrytá úrodnými povodňovými hlínami vedla k rozvoji zemědělství, toky jako vodní zdroje pak k rozvoji průmyslu a dalšímu osídlování niv.

Hromadění a zvyšování hodnoty majetku v údolích vodních toků mělo (a dosud má) při průchodu povodní těmito územími za následek značné škody na majetku a také na zdraví a životech obyvatel. Snaha o snížení těchto škod vedla k návrhu a budování opatření na ochranu před povodněmi (PPO). Toto úsilí je podporováno jak domácími (Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky, 2000), tak zahraničními dokumenty (EC, 2007). Jde ve značné míře o strukturální opatření, jako vodní nádrže s významným ochranným účinkem, poldry a řízené rozlivy, ochranné hráze či protipovodňové zdi. Je třeba připomenout, že uvedená opatření nikdy nezajišťují úplnou ochranu před povodněmi a vždy je třeba počítat s překročením jejich kapacity a s rizikem vzniku povodňových škod.

Vliv povodní na krajinu podél vodních toků se vyjadřuje hodnocením ohrožení území ve vazbě na jeho zra-

nitelnost a kvantifikací povodňových škod. Výsledkem hodnocení je vyjádření povodňového rizika s využitím postupů rizikové analýzy, které se provádí ve dvou krocích (Říha a kol., 2005; EC, 2007):

- semikvantitativní analýza metodou matice rizika;
- kvantitativní riziková analýza mnohdy doplněná hodnocením efektivnosti navržených PPO.

Při návrhu a rozhodování o finančním zajištění realizace opatření na ochranu před povodněmi se v současné době využívá metod kvantitativní rizikové analýzy (Fošumpaur a kol., 2007; Dráb, Říha, 2010). Nezbytným podkladem při odhadu rizika je stanovení potenciálních povodňových škod. Ty se často omezují pouze na materiální škody (Schanze et al., 2008) v záplavovém území. Pro vícekritériální analýzu (Kubal et al., 2009; Kozubík, Dráb, 2015) je třeba kvantifikovat škody na zdraví a životech obyvatel (Jonkman et al., 2008; Brázdová, Říha, 2014), na zemědělské produkci, přírodě (Říha a kol., 2005) apod. V článku je souhrnně uvedeno hodnocení vlivu povodní na kulturní krajinu zejména ve smyslu přímých účinků. Stručně jsou zmíněny také účinky sekundárních protipovodňových zásahů. Uvedeny jsou postupy pro kvantifikaci účinků povodní, tj. stanovení povodňových škod.

Semikvantitativní hodnocení povodňového ohrožení a rizika metodou matice rizika

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

- kvantifikace povodňového nebezpečí prostřednictvím charakteristik průběhu povodně;

- stanovení povodňového ohrožení pomocí matice rizika;
- stanovení ploch se zvýšeným rizikem prostřednictvím údajů o využití území a jeho zranitelnosti.

Povodňové *nebezpečí* se vyjadřuje charakteristikami průběhu povodně, kterými jsou především hloubka a rychlost vody. Ty se stanoví hydraulickým výpočtem, v současné době dvojrozměrnými (2D) modely proudění. Agregovaným parametrem je tzv. *intenzita povodně* IP , která je chápána jako míra ničivosti povodně a je definována jako funkce hloubky vody h a rychlosti proudění v (Beffa, 2000):

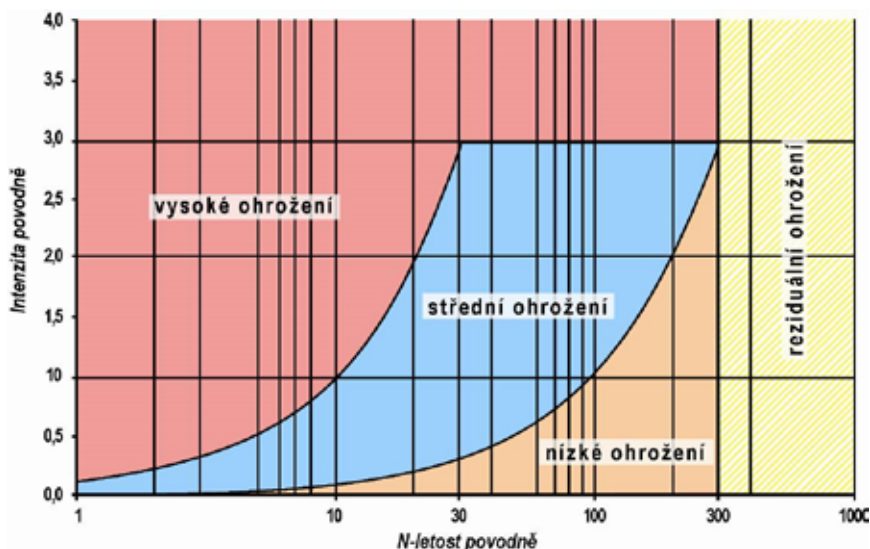
$$IP = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ 0,3 + 1,35 \cdot h & h > 0, v < 1 \text{ m.s}^{-1} \\ 0,3 + 1,35 \cdot h \cdot v & v > 1 \text{ m.s}^{-1} \end{cases} \quad (1)$$

Povodňové *ohrožení* $R(x,y)$ při i -tém povodňovém scénáři je v daném místě (x, y) záplavového území vyjádřeno jako funkce hodnoty pravděpodobnosti P_i výskytu daného i -tého povodňového scénáře a intenzity povodně $IP_i(x,y)$ (Říha a kol., 2005):

$$R_i(x,y) = IP_i(x,y) \cdot P_i, \quad (2)$$

kde:

$$P_i = 1 - e^{-\frac{1}{N}}, \text{ resp. } P_i \approx \frac{1}{N} \text{ pro velká } N \text{ (cca } N > 10), \quad (3)$$



Obr. 1. Matice povodňového ohrožení. Zdroj: Drbal et al. (2009)

N je doba opakování kulminačního povodňového průtoku v rocích, e je Eulerovo číslo. Míra ohrožení se vyjadřuje tzv. *maticí ohrožení* (obr. 1).

Veličiny $h_i(x,y)$, $v_i(x,y)$, $IP_i(x,y)$, $R_i(x,y)$ mají prostorový charakter a vyjadřují se graficky do mapového podkladu s využitím analýzy rastrových dat v prostředí geografických informačních systémů (GIS). Pro každou buňku rastru se posoudí, ve které se nachází oblasti ohrožení dle obr. 1 a tab. 1. Na základě toho se vyjádří ohrožení hodnotou v rozmezí 1 (reziduální) až 4 (vysoké). Tento postup se opakuje pro všechny posuzované scénáře (N -leté kulminační průtoky). Následuje vyhodnocení maximálních hodnot ohrožení R pro jednotlivá dílčí ohrožení R_i dle vztahu (Říha a kol., 2005; Drbal et al., 2006):

$$R(x,y) = \max_{i=1}^n R_i(x,y), \quad (4)$$

Tab. 1. Klasifikace povodňového ohrožení

Povodňové ohrožení	Kategorie ohrožení	Doporučení
$R > 0,1$ nebo $IP > 3$	(4) vysoké	Doporučuje se nepovolovat novou ani 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.
$0,01 < R < 0,1$	(3) střední	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.
$R < 0,01$	(2) nízké	Výstavba je možná , přičemž vlastníci dotčených pozemků a objektů musí být upozorněni na potenciální ohrožení povodňovým nebezpečím. Pro citlivé objekty je třeba přijmout speciální opatření ve smyslu protipovodňové ochrany.
$P > 0,0033$ (tj. $N > 300$)	(1) reziduální	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 vyhýbat se objektům a zařízením se zvýšeným potenciálem škod.

Vysvětlivky: R – povodňové ohrožení, IP – intenzita povodně, N – je doba opakování kulminačního povodňového průtoku v rocích; klasifikace povodňového ohrožení je v souladu s obr. 1 a vztahem (1).

Tab. 2. Příklad tříd funkčního využití území dle územně-plánovací dokumentace a přijatelného rizika

Označení	Popis	Funkční využití území	Přijatelné riziko		
BY	plochy bydlení v bytových domech	bydlení	nízké		
BY	plochy bydlení v rodinných domech				
BY	plochy venkovského bydlení				
OV	plochy občanské vybavenosti – kultura	občanská vybavenost	nízké		
OV	plochy občanské vybavenosti – školství				
OV	plochy občanské vybavenosti – veřejná správa				
OV	plochy občanské vybavenosti – zdravotnictví a sociální péče				
OV	plochy občanské vybavenosti – církev				
OV	plochy občanské vybavenosti – školství				
OV	plochy občanské vybavenosti – hřbitov				
OV	smíšené plochy obchodu a služeb				
DO	plochy automobilové dopravy a dopravních zařízení			doprava a technická infrastruktura	nízké
DO	plochy technické vybavenosti – kanalizace				
DO	plochy technické vybavenosti – vodovod				
VY	plochy lehké výroby	výroba	nízké		
VY	smíšené plochy výroby a služeb				
ZV	plochy rostlinné zemědělské výroby	zemědělská výroba	nízké		
ZV	plochy živočišné zemědělské výroby				
SR	plochy sportu	sport a hromadná rekreace	střední		
VP	vodní plochy	vodní plochy	vysoké		
ZL	plochy veřejné zeleně	veřejná zeleň	vysoké		
ZK	zahrádky, zahrádkářské kolonie	zahrádky, zahrádkářské kolonie	vysoké		
LE	plochy krajinné zeleně	lesy, zeleň	vysoké		
LE	plochy lesního půdního fondu				
OP	plochy intenzivních sadů a vinic				
OP	plochy zahrad, sadů, vinic a polí v drobné držbě	orná půda, louky, pastviny	vysoké		
OP	plochy zemědělského půdního fondu velkoplošně obhospodařované				

kde n značí počet hodnocených scénářů povodňového nebezpečí. Výsledky uvedeného postupu se zobrazí v *mapách ohrožení* a *mapách rizika*.

Mapy ohrožení (horní obr. na str. 3 obálky) zobrazují pomocí barevné škály podle diagramu na obr. 1 kategorie ohrožení ploch v záplavovém území s vysvětlujícími komentáři podle tab. 1. Zařazení území do kategorie umožňuje posouzení vhodnosti stávajícího nebo budoucího funkčního využití ploch z hlediska povodňového ohrožení a může sloužit při omezení případných aktivit na plochách s vyšší mírou ohrožení (tab. 1).

Mapy rizika (dolní obr. na str. 3 obálky) kombinují údaje o ohrožení s informacemi o zranitelnosti stávajících, popř. navrhovaných objektů v exponovaném území. Tyto údaje je možné převzít z územních plánů územních celků a sídelních útvarů a z mapových podkladů doplněných místními šetřeními. Na základě informací o využití území a jeho funkční regulaci jsou vymezeny třídy ploch (tab. 2 – sloupec Funkční využití území). Každé ze tříd je přiřazena hodnota tzv. maximálního přijatelného rizika (tab. 2 – sloupec Přijatelné riziko). V mapách rizika jsou zvýrazněny ty využívané plochy, na kterých je překročeno maximální přijatelné riziko. Uvnitř každé takové plochy jsou vyznačeny dosažené hodnoty ohrožení v barevné škále, odpovídající tab. 1 (dolní obr. na str. 3 obálky). Takto identifikované plo-

chy představují území s neakceptovatelným povodňovým rizikem. Dalším logickým krokem je podrobnější posouzení rizikových ploch z hlediska zvládnutí rizika, tj. snížení rizika na přijatelnou míru.

Kvantitativní riziková analýza

V lokalitách, kde byly postupem semikvantitativního hodnocení rizika identifikovány plochy s neakceptovatelným povodňovým rizikem, doporučuje EC (2007) kvantitativní hodnocení rizika založené na stanovení potenciálních škod. Výsledky kvantitativní analýzy rizika doplněné o hodnocení efektivnosti opatření na ochranu před povodněmi jsou podkladem pro návrh a financování opatření na ochranu před povodněmi (Fošumpaur a kol., 2007). Kvantitativní analýza rizika se provádí v následujících krocích:

- hodnocení povodňového nebezpečí;
- odhad zasaženého majetku;
- stanovení povodňových škod na majetku v záplavovém území;
- vyčíslení hodnotících kritérií.

Hodnocení povodňového nebezpečí

Povodňové nebezpečí se hodnotí obdobně jako u semikvantitativního postupu prostřednictvím charakteris-

tik průběhu povodně, kterými jsou především hloubka a rychlost vody. Ty jsou interpretovány do map hloubek vody v záplavových územích pro povodňové scénáře odpovídající průtokům Q_{57} , Q_{20} a Q_{100} . Obvykle lze využít existujících hydraulických výpočtů nebo údajů z Centrálního datového skladu (CDU, <http://cds.chmi.cz>).

Identifikace zasaženého majetku

Identifikace a stanovení rozsahu majetku zasaženého povodněmi v odpovídajících měrných jednotkách (počty objektů, m, m²) se provádí prostorovou analýzou na podkladě stanovených hranic záplavových území pro kulminační průtoky Q_{57} , Q_{20} a Q_{100} . Stanovení rozsahu ohroženého majetku v zájmové lokalitě se provádí ve vybraných kategoriích majetku na základě dostupných mapových podkladů (katastrálních map, ortofotomap) s doplněním a upřesněním na základě místního šetření. V zájmové lokalitě se v souladu s *Dokumentací programu 129 120* (2006) vymezí 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.

Stanovení povodňových škod

Postupy stanovení potenciálních povodňových škod slouží pro podrobnější hodnocení možných dopadů od úrovně sídel, částí sídel až po úroveň objektů. Speciální postupy jsou používány pro odhad materiálních povodňových škod na průmyslových a zemědělských objektech a na obdělávané půdě (Říha a kol., 2005).

Potenciální materiální povodňové škody *stavebních objektů* se stanovují postupem založeným na aplikaci ztrátových křivek, které vyjadřují funkční závislost výše poškození, resp. škody na hloubce vody, popř. rychlosti vody. Konstrukce ztrátových křivek vychází z pořizovacích cen jednotlivých posuzovaných kategorií objektů a ze ztrátových funkcí vytvořených detailním rozbořením působení záplavy na jednotlivé kategorie objektů a dílčí části jejich konstrukcí. Pořizovací ceny jsou odvozeny z cenových ukazatelů ve stavebnictví, které jsou zpracovávány pro jednotlivé kategorie podle jednotné klasifikace stavebních objektů. V případě povodňových škod na *zemědělských a lesních pozemcích* je třeba přijmout řadu zjednodušení. Škody na rostlinné produkci mohou nastat poškozením erozní činností vody a následnou akumulací produktů eroze, zničením rostlinné produkce v důsledku zaplavení porostů nebo změnami půdního

profilu a ztrátou bonity půdy. Významnou roli zde hrají kromě hloubky vody také doba zaplavení, jakost vody, rychlost vody ve vazbě na typ zeminy a další faktory.

Pro vyčíslení potenciálních povodňových škod D se využívá následující vztah (Drbal et al., 2009):

$$D_{ik} = C_{ik} M_k L_k, \quad (5)$$

kde i je index objektu v dané kategorii objektů, k je index jednotlivých hodnocených kategorií (tab. 2), M je míra velikosti zasaženého objektu dle kategorie [ks], [m], [m²], [m³], C je jednotková cena měrné jednotky, L poměrná výše škody [%] vyjádřená v závislosti na charakteristikách průchodu povodně. Těmi bývá hloubka vody někdy doplněná o rychlost proudění. Tyto charakteristiky se stanoví hydraulickým modelováním.

Odhad povodňových materiálních – ekonomických škod se provádí pro povodňové průtoky Q_{57} , Q_{20} a Q_{100} jejich vyčíslením v peněžních jednotkách. Stanovení potenciálních povodňových škod se provede na základě údajů z GIS, založených na datech o území z mapového podkladu ZABAGED, který umožní rozlišení jednotlivých objektů podle kategorií klíčových pro jejich ocenění. Pro vyhodnocení škod na průmyslu se využívá databáze Registru ekonomických subjektů.

Vyčíslení hodnotících kritérií

V případě navrhovaných protipovodňových opatření je účelné provést hodnocení efektivity investice metodou analýzy nákladů a užitků (ES, 2000; EC, 2007; Fošumpaur a kol., 2007). Tato analýza vyžaduje jednak vyjádření užitků PPO, jednak nákladů na její výstavbu.

Užitek PPO se vyjádří jako průměrné roční snížení povodňových škod metodou rizikové analýzy. To se určí jako rozdíl povodňových škod D , stanovených pro stav bez PPO a pro stav s vybudovaným funkčním opatřením na ochranu před povodněmi. Investiční náklady I představují celkovou hodnotou investice posuzovaného PPO a odvodí se z rozpočtu, který je součástí projektové dokumentace zamýšlených opatření. V rámci analýzy se vyčíslují následující ukazatele:

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

Pro odhad povodňových škod jsou klíčovým podkladem stanovená záplavová území podle vyhlášky MŽP ČR č. 236/2002 Sb. o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území. Rozsah škod se určí standardně pro průtoky Q_{57} , Q_{20} a Q_{100} a to pro současný stav a pro stav po realizaci navrženého preventivního opatření. Pokud je současná míra ochrany vyšší než na Q_{57} škody se vyčíslí od prvního vyššího průtoku podle uvedené posloupnosti. Rozsah povodňo-

vých škod se stanoví postupem dle podkapitoly *Stanovení povodňových škod*.

Průměrné povodňové riziko se stanoví ze vztahu (Čihák a kol., 2006):

$$R = E(D) = \int_{Q_a}^{Q_b} D(Q) \cdot f(Q) dQ, \quad (6)$$

kde $R = E(D)$ je průměrné roční povodňové riziko, např. v korunách, $D(Q)$ je výše škody při průtoku Q , $f(Q)$ je hustota pravděpodobnosti ročních kulminačních průtoků, Q_a je průtok, při kterém právě začínají vznikat škody (neškodný průtok), Q_b je průtok, při kterém je pravděpodobnost škod již blízka nule. Hodnotu průměrného ročního rizika lze stanovit buď numerickou integrací podle vztahu (6) nebo stochastickou simulací, např. metodou Monte-Carlo.

Pro výpočet tzv. kapitalizovaného (současného) rizika lze zjednodušeně použít diskontní přístup, při kterém se předpokládá, že kapitalizované riziko je ovlivněno velikostí diskontní sazby. Na základě vývoje diskontní sazby v České republice (ČR) podle informací České národní banky a vzhledem k dalšímu předpokládanému vývoji se pro hodnocení projektů standardně používá jednotná hodnota diskontní sazby ve výši 3 %. Současná hodnota rizika se stanoví ze vztahu (Čihák a kol., 2006):

$$R_s = \frac{R}{DS}, \quad (7)$$

kde R_s je kapitalizované riziko (současná hodnota rizika) v korunách, R je průměrné roční povodňové riziko v Kč. rok⁻¹, $DS = 0,03$ je roční diskontní sazba.

Pro posouzení PPO pomocí metody nákladů a užitek se použije systém výše uvedených ukazatelů, kterými jsou poměrová efektivnost, absolutní efektivnost a doba návratnosti.

Poměrový ukazatel PU vyjadřuje poměrnou ekonomickou efektivnost investice, tedy poměr užitek (daných snížením současné hodnoty rizika v důsledku realizace PPO) a hodnoty celkových nákladů na vybudování PPO. Vyjadřuje, o kolik bude sníženo současné riziko jednou korunou investice (Čihák a kol., 2006):

$$PU = \frac{R_{SB} - R_{SP}}{I}, \quad (8)$$

kde R_{SB} a R_{SP} je kapitalizované riziko před a po realizaci PPO, I jsou celkové náklady na realizaci PPO. V případě, že PU nabývá hodnot větších než 1, jde z dlouhodobého hlediska o rentabilní investici a naopak.

Absolutní ukazatel AU efektivnosti PPO vyjadřuje efektivnost investice v absolutních ekonomických jednotkách. Jeho hodnota je dána ze vztahu (Čihák a kol., 2006):

$$AU = R_{SB} - (I + R_{SP}), \quad (9)$$

kde význam symbolů je týž jako v popisu ukazatele PU . Ukazatel AU popisuje celkový finanční efekt navrženého PPO z dlouhodobého hlediska. Kladné hodnoty ukazatele svědčí o ekonomické rentabilitě opatření, záporné hodnoty, naopak, svědčí o ekonomické nevýhodnosti realizace takového opatření.

Doba návratnosti T slouží k orientačnímu porovnání s přijatelnými hodnotami návratnosti podle domácích a zahraničních zkušeností s ohledem na dobu životnosti navrhovaných konstrukcí. Je dána vztahem (Čihák a kol., 2006):

$$T = \frac{I}{R_B - R_P}, \quad (10)$$

kde R_B a R_P je průměrné roční riziko před a po realizaci PPO v Kč. rok⁻¹.

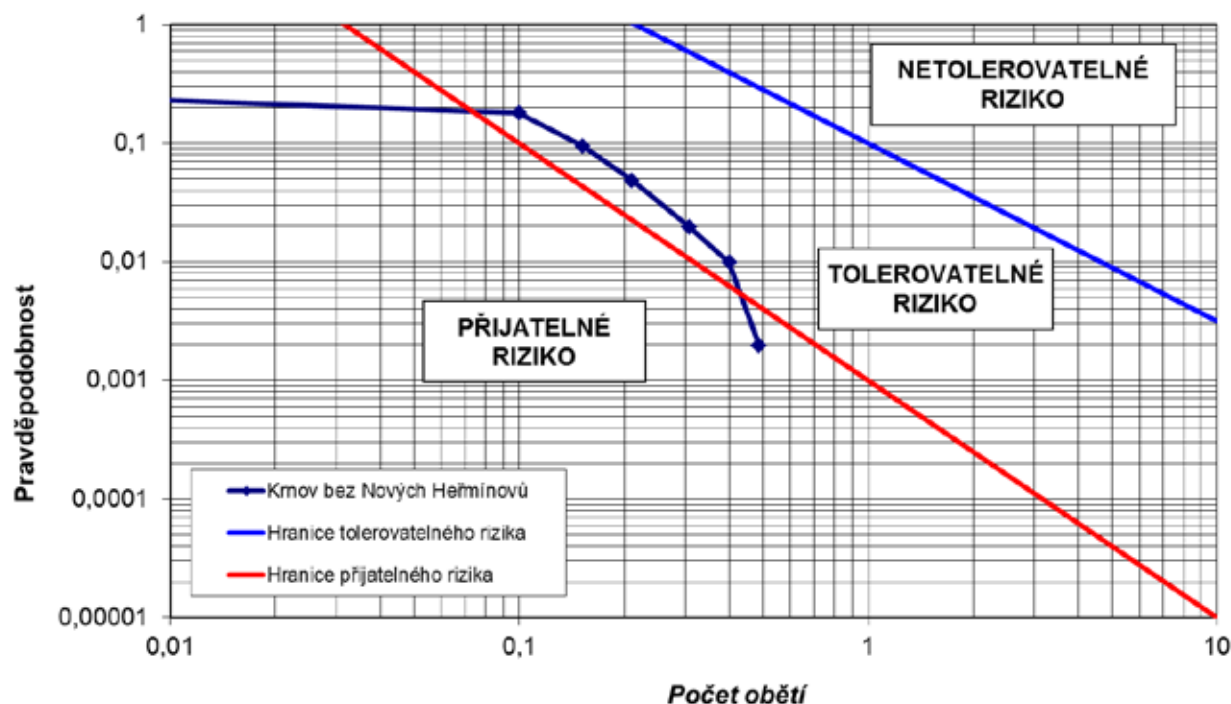
Uvedený postup hodnocení PPO se od roku 2015 používá v ČR jednotně pro hodnocení stavebních akcí na ochranu před povodněmi jako podklad pro zajištění jejich financování.

Mimoekonomické dopady povodní

Ne všechny dopady povodní lze vyčíslit ve finančních jednotkách. Jde například o škody na přírodě (ekologické škody) nebo o škody na životech a zdraví obyvatel (včetně psychosociálních dopadů).

Škody na přírodě

Dříve provedené výzkumy (Říha a kol., 2005) ukázaly, že posuzovat vliv přírodních jevů, jako jsou povodně, na samotnou přírodu (biotopy, živočichy, rostliny) a hodnotit tyto vlivy podle lidských měřítek je velmi problematické. Nejde o to, že by se tyto jevy nedaly sledovat, kvantifikovat, třídít a vyhodnocovat. Nejobtížnější a často nemožné je přisuzovat takovým jevům kladný či záporný efekt. V ochraně přírody se prolínají a doplňují dva trendy – ochrana biotopů a ochrana druhů. Ekologická (přírodní) hodnota konkrétního biotopu se mění s tím, jakými druhy je osídlena. Pro řešení dopadů povodní na přírodu lze vycházet z toho, že primární je hodnocení podle biotopů. V ochraně přírody jsou základními podmínkami života především dynamická rovnováha a dynamický vývoj. Pro hodnocení dopadů povodně jsou při zaplavení území tedy důležitá hlediska času a umístění. Dynamický účinek proudící vody a transport látek (živin, semen apod.) jsou nutnou podmínkou pro zachování biodiverzity údolních niv. Z hlediska času může to, co bezprostředně po povodni hodnotíme jako poškození přírody, být za rok či za deset let hodnoceno jako indiferentní či přínosné. Je tedy zapotřebí provádět hodnocení pro různé časové horizonty po povodni. Z hlediska umístění lze biotopy rozdělit od přirozeně vodních biotopů, které jsou přivyklé na výskyt povodní, po spíše suchozemské biotopy, pro něž bude dopad



Obr. 2. Příklad vyhodnocení povodňového rizika ztrát na lidských životech pro lokalitu Krnov

povodní zásadní a u nichž je vždy otázkou, zda „patří“ do záplavového území.

Hlavním faktorem, který je třeba z hlediska poškození přírodního prostředí posoudit, je vliv zhoršení jakosti vody, popř. délky doby zaplavení na různé druhy biotopů. Dopady samotné povodně, které mají někdy na první pohled naprosto destruktivní charakter, mohou znamenat z hlediska biologie a ochrany přírody v dlouhodobém horizontu přínos. V případě, že v průběhu povodně dojde ke zničení jednoho typu biotopu, je možné, že se na jeho místě objeví jiný biotop. Tato výměna je přirozenou součástí dynamického vývoje řeky a jejího inundačního území. Podobné je to také v případě jednotlivých populací druhů, ať už rostlin či živočichů.

Při odhadu míry poškození je třeba identifikovat zdroje znečištění a vyhodnotit průběh znečištění v toku a záplavovém území (např. stanovit horní obálku maximálních koncentrací ve vybraných ukazatelích jakosti vody) a určit ohrožené oblasti, resp. biotopy. Míra poškození jednotlivých biotopů se podle daného polutantu přiřadí obvykle na základě expertního odhadu, hodnocení rizika se provádí semikvantitativně bodovou škálou. Obecně lze postup stanovení rizika schematicky popsat následujícími body:

- výběr sledovaných ukazatelů jakosti vody;
- vymezení mezních koncentrací pro jednotlivé ukazatele jakosti vody;
- klasifikace biotopů;
- sestavení bodové škály pro hodnocení poškození jednotlivých biotopů ve vazbě na mezní koncentrace;

- váhové hodnocení důležitosti biotopu;
- stanovení poškození pro jednotlivé biotopy;
- stanovení celkového poškození pro dané postižené území.

Škody na životech obyvatel

Odhadem potenciálních obětí na životech při povodních se zabývala řada autorů, např. Jonkman et al. (2008), Brázdová, Říha (2014). Vychází se buď z počtu ohrožených obyvatel, nebo z výše materiálních škod, které s počtem obětí korelují. Pro posouzení počtu ohrožených obyvatel se využijí data z Registru sčítacích obvodů. Očekávaný počet obětí, popř. zranění se pak stanoví pro každý studovaný povodňový scénář (např. pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100}) a následně vyhodnotí střední roční očekávaný počet obětí postupem analogickým s rovnicí (6). Očekávaný počet obětí se pro jednotlivé povodně následně porovnává s mezními přijatelnými počty s využitím tzv. F–N křivek. Ty umožňují porovnání rizika ve vazbě na jeho společenskou přijatelnost. Přejídnou zónou je oblast tzv. tolerovatelného rizika, kdy je třeba posoudit, zda je společnost ochotna, resp. schopna vynaložit zvýšené náklady na záchranu lidských životů.

Na obr. 2 je uveden příklad vyhodnocení rizika povodňových ztrát na lidských životech pro lokalitu Krnov pro stávající stav bez nádrže Nové Heřminovy. Z obr. 2 je patrné, že pro povodně s dobou opakování mezi 5 až 200 lety je stanovené riziko v zóně tolerovatelného rizika. V tom případě je třeba posoudit finanční náročnost adekvátních protipovodňových opatření ve vazbě na možnosti společnosti.

Sekundární účinky na krajinu

Nejvýznamnějším sekundárním důsledkem výskytu povodní je výstavba strukturálních opatření na ochranu před povodněmi. Jde mnohdy o významné stavební zásahy v krajině.

Liniové stavby, jako ochranné hráze a povodňové zdi, v řadě případů zcela prostorově oddělí údolní nivu od vodního toku. Ochrana zemědělských pozemků před povodněmi, jejíž systematickou ochranu lze datovat do 20. let 20. století, způsobí omezení rozlivů a tím přirozené obohacování půdy živinami. Tento poznatek změnil v průběhu 80. let 20. století nahlížení na míru ochrany zemědělských pozemků, kdy současné trendy směřují k otevírání údolních niv v extravilánu s cílem umožnit jejich zaplavování.

Při návrhu a provádění podzemních těsnících prvků PPO je třeba dbát na zachování přírodního režimu podzemních vod v údolní nivě a umožnění její komunikace s vodním tokem.

* * *

V článku je uveden stručný přehled formalizovaných postupů používaných pro hodnocení vlivů povodní na krajinu přilehlou k vodním tokům. Soudobé metody hodnocení využívají různých forem rizikové analýzy. Při předběžném hodnocení se obvykle využívá semikvantitativních metod založených na bodovém hodnocení rizika, popř. jeho grafickým vyjádřením nad mapovým podkladem. Kvantitativní riziková analýza vyžaduje mnohdy náročné postupy, vyžadující znalosti z řady disciplín nejen vodního hospodářství, ale také matematické statistiky, ekologie, ekonomie, sociologie, medicíny a dalších. Přitom lze konstatovat, že naznačené postupy lze použít při hodnocení dopadů povodní na jednotlivé složky životního prostředí, krajinu nevyjímaje.

Tento článek vznikl za podpory vědeckovýzkumných projektů TAČR TA04020670 Využití spolehlivostních metod při technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly s ohledem na jejich bezpečnost v období globálních klimatických změn a FAST-S-16-3655 Nástroje pro rizikové hodnocení jakosti povrchových vod za extrémních hydrologických situací.

Literatura

- Beffa, C.: A Statistical Approach for Spatial Analysis of Flood Prone Areas. International Symposium on Flood Defence. Kassel: Herkules Verlag, 2000, p. 87 – 94.
- Brázdová, M., Říha, J.: A Simple Model for the Estimation of the Number of Fatalities due to Floods in Central Europe. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2014, 14, p. 1663 – 1676.
- Čihák, F., Satrapa, L., Fošumpaur, P.: Metodika pro posuzování protipovodňových opatření navržených do II. etapy programu „Prevence před povodněmi“ (r. 2007 – 2010). Praha: České vysoké učení technické, 2006, 12 s.

- Dokumentace programu 129 120. Podpora prevence před povodněmi II (II. etapa programu Prevence před povodněmi). Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2006, strany neuvedené.
- Dráb, A., Říha, J.: An Approach to the Implementation of European Directive 2007/60/EC on Flood Risk Management in the Czech Republic. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2010, 10, p. 1977 – 1987.
- Drbal, K., Dráb, A., Říha, J. et al.: The Methods for Determining Flood Risk and Loss and their Verification at the Elbe River Basin. Final Report and Guidelines No. VaV/650/5/02. Brno: T. G. Masaryk Water Research Institut, 2006, strany neuvedené.
- Drbal, K. et al.: Risk Maps Resulting from Flood Danger in the Czech Republic. Final Report. Brno: Výskumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2009, p. 1 – 84.
- EC: Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the Assessment and Management of Flood Risks, European Parliament, Council, 2007.
- ES: Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, 2000.
- Fošumpaur, P., Říha, J., Satrapa, L., Vaníček, J.: Činnost strategického experta v rámci „Projektu prevence před povodněmi“. Vodní hospodářství, 2007, 4, s. 114 – 118.
- Jonkman, S. N., Vrijling, J. K., Vrouwenvelder, A. C. W. M.: Methods for the Estimation of Loss of Life due to Floods: A Literature Review and a Proposal for a New Method. Natural Hazards, 2008, 46, p. 353 – 389.
- Kozubík, J., Dráb, A.: Multicriteria Analysis Method for Flood Risk Assessment. In: Říha, J., Julínek, T., Adam, K.: Proceedings of 14th International Symposium Water Management and Hydraulic Engineering 2015 (WMHE). Brno: Litera, 2015, p. 348 – 356.
- Kubal, C., Haase, D., Meyer, V., Scheuer, S.: Integrated Urban Flood Risk Assessment – Adapting a Multicriteria Approach to a City. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2009, 9, p. 1881 – 1895.
- Pryl, K. (ed.): Generel odvodnění města Brna. Brno: Statutární město Brno, 2010, 60 s.
- Říha, J. a kol.: Riziková analýza záplavových území. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT Brno, Sešit 7. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 286 s..
- Schanze, J., Hutter, G., Harries, T., Holzmann, H., Jessel, B., Koeniger, P., Kuhlicke, C., Meyer, V., Nachtnebel, H. P., Neuhold, C., Olfert, A., Parker, D., Penning-Rowsell, E., Schildt, A., Werritty, A.: CRUE Research Report No I-1: Systematization, Evaluation and Context Conditions of Structural and Nonstructural Measures for Flood Risk Reduction. FLOOD-ERA Joint Report, 2008.
- Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky. Praha: MZe ČR, 2000, 16 s.

prof. Ing. Jaromír Říha, CSc., riha.j@fce.vutbr.cz
Ústav vodních staveb Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně, Veverí 95, 602 00 Brno, Česká republika