

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A

ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



SROVNÁNÍ VIZUALIZACE POVODŇOVÝCH RIZIK V MAPÁCH

ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ ČR A SLOVENSKA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Petr Bašta

Autor: David Patócs

2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Petra Bašty, uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 27. 4. 2012

.....

David Patócs

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Petru Baštovi za pomoc, trpělivost a vedení při zpracovávání mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michaele Brejchové a Ing. Miroslavu Lukáčovi, PhD. za přístup a ochotu při zajišťování potřebných podkladů a informací.

Abstrakt

Nezbytným podkladem pro zvládání povodňových rizik jsou dle směrnice 2007/60/ES mapy povodňových rizik.

V mé bakalářské práci je popsán postup vizualizace těchto map v České republice, s nezbytnými součástmi pro výsledné stanovení samotné mapy povodňového rizika, zahrnující mapy povodňového ohrožení vytvořené metodou matice rizika a mapy zranitelnosti se zobrazením citlivých objektů společenské infrastruktury.

Dále jsou popsány hlavní předměty a prvky budoucí vizualizace map na Slovensku, s možnými příklady pro zasazení do grafického zobrazení.

V práci jsem také navrhl příklad vlastního řešení grafického vyjádření dílčích a výsledných map s cílem snažšího pochopení veřejnosti, přehlednosti a výstižnosti. Návrh je zasazen do spodní části města Roztoky u Prahy, na základě nejvyšší zaznamenané povodně v srpnu roku 2002.

Klíčová slova:

povodňové riziko, povodňová směrnice, ohrožení, zranitelnost

Abstract

Flood risk maps are the necessary base how to manage a flood risk according to the guideline 2007/60/ES. In my Bachelor Thesis the process of map visualization in the Czech Republic is described, with indispensable parts for final assessment of the flood risk maps themselves, including the flood danger maps made by the risk matrix method and the vulnerability maps with representation susceptible objects of social infrastructure. Furthermore, there are described the main subjects and some elements of the future map visualisation in Slovakia with the potential examples applied to the graphic representation. In this work I've also suggested some examples of my own solution for the sectional and resulting graphic map representation with intentions like easier understanding by public, clarity and conciseness. My suggestion is applied on the city Roztoky by Prague pursuant by the highest known flood in August of 2002.

Key words:

flood risk, floods directive, threat, vulnerability

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE	10
3. SEZNAM ZKRATEK A POJMŮ	11
3.1. SEZNAM ZKRATEK	11
3.2. SEZNAM POJMŮ	12
4. POVODNĚ	13
4.1. SEZNÁMENÍ S POVODNĚMI	13
4.2. OCHRANA PŘED POVODNĚMI	15
4.2.1. Povodňový plán	15
4.2.2. Hlásná povodňová služba	16
4.2.3. Předpovědní povodňová služba	17
5. PROBLEMATIKA POVODŇOVÉHO RIZIKA	17
5.1. DEFINICE RIZIKA	18
6. ZÁKLADNÍ VSTUPNÍ DATA PRO VYJÁDŘENÍ A ZMAPOVÁNÍ POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A RIZIKA	20
6.1. MAPOVÉ PODKLADY	20
6.1.1. Zabaged	20
6.1.2. Letecké a družicové snímky (ortofotomapy)	20
6.2. GEODETICKÉ PODKLADY	21
6.3. HYDROLOGICKÁ DATA A HYDRAULICKÉ VÝPOČTY	21
6.3.1. Hydrodynamické 1D a 2D modely	21
6.4. VYUŽITÍ GIS	22
6.4.1. Výsledné tematické mapy	22
6.5. MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ	23
7. POSTUP VYJÁDŘENÍ A ZMAPOVÁNÍ POVODŇOVÉHO RIZIKA V ČR	24
7.1. METODA MATICE RIZIKA	24
7.1.1. Výpočet intenzity povodně	25
7.1.2. Stanovení povodňového ohrožení	25

7.1.3.	Stanovení zranitelnosti	27
7.1.4.	Stanovení povodňového rizika	30
7.1.5.	Standardizační minimum mapování	31
8.	MAPOVÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK NA SLOVENSKU	33
8.1.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE NA MAPÁCH POVODŇOVÝCH RIZIK SR	34
8.1.1.	Údaje o využití území	34
8.1.2.	Zobrazení funkčního využití území	34
8.1.3.	Identifikace lokalit průmyslové činnosti	35
8.1.4.	Identifikace a zobrazení potenciálně ohrožených vodních zdrojů	35
8.1.5.	Identifikace a zobrazení chráněných území	36
9.	VLASTNÍ NÁVRH VIZUALIZACE MAPY POVODŇOVÉHO RIZIKA	37
10.	DISKUSE A ZÁVĚR	41
11.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
12.	SEZNAM PŘÍLOH	45

1. ÚVOD

Povodně jsou významným problémem v celosvětovém měřítku, představují nekonečný souboj s jejich ničivými následky, což jsou především ztráty na lidských životech. Riziko povodní bohužel není možné zcela vymítit a tak přichází na řadu alespoň jejich zmírnění.

V rámci Evropské unie, ve všech členských státech, probíhá v současné době implementace povodňové směrnice 2007/60/ES. Prvním již dokončeným úkolem, dle této směrnice, bylo předběžné vyhodnocení povodňových rizik. Ty určují místa, na kterých je zapotřebí zmapování rizika. Právě tato problematika je aktuálním případem k řešení. Příprava metodiky jak připravit mapy povodňových rizik pro všechna vyhodnocená místa probíhá ve spolupráci Ministerstva životního prostředí a Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M.

V této práci je pak popisován postup metody navržené v ČR. Uvedeny jsou důležité vstupní podklady, způsob jakým stanovit riziko v záplavových oblastech, konečný výčet mapových kompozic dílčích a výsledných; barevné škály zobrazování rizikových ploch a objektů. V rámci SR popis informací stanovených tamní vládou, nutných k zobrazení na mapách povodňových rizik a jejich specifikace.

V poslední části je zpracován vlastní návrh konečných mapových výstupů, včetně legend, značení a barevné škály zájmových ploch a objektů. Návrh představuje postup za využití softwarové technologie GIS.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce je seznámení s povodňovou problematikou a současnou ochranou před nimi, popis metodiky či kritérií pro vizualizaci map povodňových rizik v České republice a na Slovensku, včetně návrhu vlastní vizualizace pro lepší pochopení neodborné veřejnosti.

3. SEZNAM ZKRATEK A POJMŮ

3.1. SEZNAM ZKRATEK

ČHMU	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMT	Digitální model terénu
FMECA	Failure Modes and Effect and Criticality Analysis
GIS	Geografický informační systém
CHKO	Chráněná krajinná oblast
I&CLC2000	IMAGE and CORINE Land Cover 2000 (krajinný pokryv)
IP	Intenzita povodně
ISEZ	Informační systém environmentální zátěže
MŽP ČR	Ministerstvo životního prostředí České republiky
RZM 10	Rastrová základní mapa 1:10 000
S-JTSK	Jednotná trigonometrická síť katastrální
SPA	Stupeň povodňové aktivity
ÚPD	Územně plánovací dokumentace
ZABAGED	Základní báze geografických dat ČR

3.2. SEZNAM POJMŮ

Doba opakování je jev, který je dosažen nebo překonán za průměrný počet let

Intenzita povodně je funkce charakteristik průběhu hloubky a rychlostí. Lze také vyjádřit jako stupně ničivosti povodně.

Povodňové nebezpečí je potenciální možnost vzniku nežádoucích škod v záplavovém území.

Povodňové ohrožení se vyskytuje jako kombinace pravděpodobnosti nežádoucího jevu a nebezpečí. Rozdíl oproti povodňovému riziku je, že lze vyjádřit plošně pro celé záplavové území a neváže se na konkrétní objekty.

Povodňové riziko je vyjadřováno jako míra pravděpodobnosti výskytu nežádoucích hydrologických jevů povodní.

Povodňový scénář je stav kulminačního průtoku vodního toku dosažený jednou za N-let např. Q_{100} (jednou za 100 let).

Rozliv spočívá v zaplaveném území, přilehlém k vodnímu toku. Jev, k němuž dochází při průběhu povodně.

Záplavové území je plochá údolní část nivy, zatopená při nedostatečné kapacitě koryta vodního toku při zvýšení hladiny vody.

Zranitelnost území poukazuje, jak náchylné jsou objekty, či plochy vůči extrémním zatížením.

4. POVODNĚ

Povodně jsou přírodní fenomén, který v České republice představuje největší přímé ohrožení, co se přírodních katastrof týče, protože její území nepatří mezi regiony, kde dochází k seizmické a vulkanické aktivitě či k povětrnostním extrémům typu tornád a hurikánů. Ochrana před povodněmi není vždy absolutní, ale lze zčásti omezit povodňové kulminační průtoky, ovlivnit časový průběh a zmenšit rozsah škod. [10]

4.1. SEZNÁMENÍ S POVODNĚMI

Povodeň je dočasné výrazné zvýšení hladiny vodního toku nebo jiných povrchových vod, při kterém je zaplavováno území mimo koryto vodního toku a může způsobovat škody. Povodní se rozumí i stav, kdy voda není schopna přirozeným způsobem odtékat nebo je její odtok nedostačující, případně může dojít k zaplavení území soustředěným odtokem srážkových vod. Povodeň mohou zapříčinit přírodní jevy, především tání sněhu, dešťové srážky nebo chod ledů (přirozená povodeň). Porucha vodního díla, kde může dojít k jeho havárii (zvláštní povodeň) [1]. Území, které je ohrožováno zvláštní povodní, může značně přesahovat záplavová území povodně přirozené. [18]

Při oteplení po období mrazů, kde došlo k vytvoření ledového pokryvu vodních toků, může dojít k ledovým povodním. Při jarní oblevě dochází k rozlamování ledu a jeho pohybu ve vodním korytě, tzv. chod ledu či dřenice. V místech, kde je mělké dno, v místech zúžení profilu nebo z důvodu nějakých překážek se unášené kry hromadí a vytvářejí tak ledovou bariéru. To zapříčiňuje vzdouvání vody a následné zaplavování údolí. [16]

Zejména v zimním a jarním období, nejčastěji od prosince do dubna, vznikají povodně způsobené táním sněhu. Povodně z tání jsou závislé na několika nebezpečných faktorech, především velká množství sněhu v nižších a středních nadmořských výškách, zima bez výskytů dílčích tání, promrzlá půda, celodenní teplota nad bodem mrazu a případné dešťové srážky v průběhu oblevy. [16]

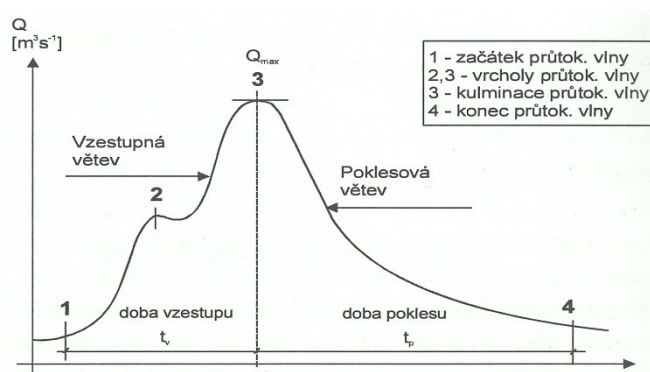
Z důvodu krátkodobých a velmi intenzivních srážek, kdy během krátké doby může spadnout více než 100mm vody, dochází ke vzniku přívalové povodně. Vyskytují se nejčastěji po letních bouřkách vzniklých na studených frontách. Půda kvůli rychlému přísunu srážek nestačí vsakovat a vzniká povrchový odtok často způsobující erozi. Přestože zasažená plocha nemusí být velká, proudící voda je

velmi rychlá a její příčinou jsou velké škody. Může dojít k postihu budov i mimo vodní toky, které leží na delších svazích. [16]

Letní povodně vznikají při několik dní trvajících intenzivních srážkách, které jsou často zesílené v horských oblastech a postupně nasycují půdu. Ty mohou postihovat velké plochy. Tato povodeň postihuje malé řeky a potoky, ale také velké řeky, které pak zaplavují rozsáhlé plochy až po dobu několika dní. Vzestup vody u velkých řek je tak většinou dlouhodobý, což umožňuje evakuaci osob i částí majetku. [16]

Významná povodeň zjištěná z historických dat se nazývá historická povodeň. Největší povodeň zaznamenaná v daném profilu vodního toku je největší známá povodeň. Při povodních dochází k zatopení území přilehlých k vodnímu toku, takový jev se nazývá inundace území, proto území zaplavovaná vodou při povodních se nazývají inundační území. [8]

Průtoková vlna (PV) je stádium odtoku, vyznačující se dočasným zvětšením a poté poklesem průtoků, které jsou vyvolány deště, táním sněhu či umělými zásahy. Je znázorněna graficky hydrogramem v závislosti průtoků na čase ve specifickém profilu vodního toku. U PV pozorovaných se uvádí určité datum výskytu, např. $PV_{(1997-7-20\text{a}z21)}$. PV vlny teoretické jsou charakterizovány N-letým největším (kulminačním) průtokem Q_N , příčinným objemem W_{PVN} a tvarem hydrogramu. Objem W_{PVN} je objem spekulativní povodňové vlny, náležitý povodňové vlně s kulminačním průtokem Q_N . Dále Teoretické PV jinak určené, např. PV zimní, letní, s vybraným N-letým objemem a náležitým kulminačním průtokem Q_{max} , atp. [8]



Obr. 4.1 Hydrogram průtokové vlny [8]

N – letý průtok je největší (kulminační) průtok povodňové vlny, který je dosažen anebo přesáhnout v dlouholetém průměru jednou za N – let. Označován jako Q_N udávaný v základních jednotkách $[m^3/s]$. Roční hodnoty se udávají pro $N=1,2,5,10,20,50$ a 100 let. [8]

4.2. OCHRANA PŘED POVODNĚMI

Opatření k zajištění ochrany před povodněmi jsou charakteru **strukturálního**, jedná se většinou o stavební investice, jako jsou úpravy koryt vodních toků, ochranné hráze, retenční nádrže a suché poldry, také opatření podpory retenční schopnosti krajiny a opatření v záplavových územích. Dále opatření charakteru **nestructurálního** prováděná preventivně před povodněmi, během ní a po povodních, koordinována a řízena jsou ve smyslu vodohospodářských předpisů povodňovými orgány. Mezi tato opatření se řadí [8]:

- povodňové plány;
- hlásná povodňová služba;
- předpovědní povodňová služba.

4.2.1. Povodňový plán

Povodňový plán je charakteristický dokument pro ústřední řízení povodňové ochrany. Obsahuje detailní rozdělení úkolů a činností při zhotovování opatření za účelem ochrany před povodněmi s celorepublikovou organizací či významnou regionální působností. Je vypracován Ministerstvem životního prostředí a vychází ze současné účinné právní úpravy, určené vodním zákonem a souvisejícími předpisy, každým rokem podléhá přezkoumání a na základě výsledků může být eventuelně upraven či doplněn, nejpozději však do 31. března. Obsahuje část textovou a dále v přílohách části operativní a grafické, jež jsou jeho nedílnou součástí. V povodňových plánech se klade důraz hlavně na včasnou a spolehlivou informovanost o vyvíjení povodně, na pravděpodobnosti ovlivnění odtokového režimu, včas vykonanou aktivaci povodňových orgánů, zajištění hlídkové služby a ochrany objektů, přípravu a organizaci zabezpečovacích a záchranných prací a zaopatření potřebných povodní narušených funkcí v zasaženém území. [19]

Rozsah opatření, která se provádí na ochranu před povodněmi, se regulují mírou povodňového nebezpečí. Lze je vyjádřit **třemi stupni povodňové aktivity**:

1. stupeň – bdělost (1. SPA) nevyhlašuje se, nastává při ohrožení povodní a zaniká ve chvíli, kdy pominou příčiny takového ohrožení. Činnost zahajuje hlídková a hlásná služba a je třeba věnovat zvýšenou pozornost zdrojům povodňových nebezpečí. Za bdělost se může také považovat situace označená předpovědní povodňovou službou CHMÚ. Tento stav může nastat na vodních dílech při dosažení krajních hodnot pozorovaných jevů a skutečností, které by mohli zapříčinit vznik nebezpečí zvláštní povodně.

2. stupeň – pohotovost (2. SPA) příslušný povodňový orgán vyhláší v případě, že nebezpečí povodně přechází ve skutečnou povodeň, nicméně dosud nedochází k většímu rozlivu a škodám mimo profil vodního toku. Vývoj situace je nezbytné nadále důkladně sledovat. Povodňové orgány, připravenost prostředků na zabezpečovací práce a další složky povodňové služby se uvádějí do činnosti. Je-li to možné, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně dle povodňového plánu.

3. stupeň – ohrožení (3. SPA) vyhláší kompetentní povodňový orgán při přímém nebezpečí, při vzniku větších škod, ohrožení života a majetku v záplavovém území. Podle potřeby se zahajují evakuační či záchranné práce. Vyhláší se, pokud sledované jevy a skutečnosti dosáhnou kritických hodnot na vodním díle a z hlediska jeho bezpečnosti se zahajují nouzová opatření. [19]

4.2.2. Hlásná povodňová služba

Hlásná povodňová služba uděluje informace povodňovým orgánům, aby byly zajištěny úkoly v průběhu povodně. Tyto informace jsou třeba zejména pro [19]:

- varování obyvatelstva;
- vyhlášení stupňů povodňové aktivity;
- vyhodnocení situace a řízení povodňových opatření.

Hlásná povodňová služba je založena z informací z terénu. Mezi hlavní patří informace o stavu na vodních tocích v hlásných profilech, které mají v povodňových plánech uvedeny směrodatné limity pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity. Mezi další patří stav vodních toků mimo hlásné profily, stav ochranných hrází, nátrží a průrev, rozlivů a povrchových odtoků, v zimě jsou to ledové jevy a též stavy vodních děl, rybníků a dalších objektů, kterými lze průběh povodně ovlivnit. [19]

Hlásný profil povodňové služby je místo na vodním toku, kde se sleduje průběh povodně. K vodním stavům nebo výjimečně průtokům v hlásném profilu se vztahují směrodatné limity pro vyhlášení SPA. Dle významu se dělí do tří kategorií. [19]

Základní hlásné profily – kategorie A, jsou profily umístěné na významných tocích. Informace z těchto profilů jsou potřebné pro správu ochranných opatření před povodněmi na regionální či národní úrovni. Zřizovány státem pomocí ČHMU nebo správců povodí.

Doplňkové hlásné profily – kategorie B se nacházejí na vodních tocích, důležitých pro řízení opatření ochrany před povodněmi na krajské úrovni. Vybírají

jsou krajskými úřady dle doporučení regionálních pracovišť ČHMU nebo správců povodí.

Pomocné hlásné profily – kategorie C jsou účelové profily, využité pouze na místní úrovni a nejsou centrálně evidované. Výběr uskutečňují obce nebo vlastníci ohrožených nemovitostí. [19]

4.2.3. Předpovědní povodňová služba

Předpovědní povodňovou službu zajišťuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMU) v kooperaci se správci vodohospodářsky významných toků, tedy s jednotlivými povodími. Na předpovědní povodňové službě se účastní úsek meteorologie, hydrologie a regionální pobočky ústavu. Hlavním účelem této služby je informovat povodňové orgány a další účastníky povodňové ochrany o nebezpečí vzniku povodně a o jejím dalším vývoji. [16]

5. PROBLEMATIKA POVODŇOVÉHO RIZIKA

V současné době Směrnice Evropského parlamentu a Rady o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik 2007/60/ES ukládá členům Evropské unie v pevných časových termínech povinnost, postupně na jejich území posoudit povodňové nebezpečí a riziko a zpracovat je formou příslušného mapového vyjádření.[13]

V povodňové směrnici jsou termíny, ve kterých musí být dokumenty zpracovány a stanoveny takto [4]:

- 22.12 2012 dokončeno předběžné vyhodnocení povodňových rizik;
- do 22.12 2013 zajistit dokončení map povodňového nebezpečí a rizik;
- do 22.12 2015 zajistit dokončení a zveřejnění plánů pro zvládání povodňových rizik.

Mapy povodňového nebezpečí musí zahrnovat zeměpisné oblasti s možností zaplavení dle těchto scénářů [6]:

- povodně, kde je nízká pravděpodobnost výskytu nebo přítomnost extrémních povodňových scénářů;
- povodně, kde je pravděpodobnost výskytu vysoká (pravděpodobná doba opakování 100 a více let);
- popř. s vysokou pravděpodobností výskytu.

U každého z toho scénáře je nutno uvést tyto prvky [6]:

- rozsah povodně;
- hloubka vody, popř. výška vodní hladiny;
- rychlost či odpovídající průtok vody.

Mapy povodňových rizik nesou vyznačení případných nepříznivých následků, spojených s povodněmi uvedených výše, vyjádřených podle [6]:

- orientačního počtu případně zasažených obyvatel;
- druhu hospodářské činnosti případně postižené oblasti;
- zařízení, která mohou v případě zatopení způsobit havarijní znečištění a případně zasažených chráněných oblastí;
- dalších informací považovaných za užitečné jako jsou oblasti s vysokým obsahem sedimentů, možnosti unášení různých předmětů a ostatní významné zdroje znečištění.

5.1. DEFINICE RIZIKA

Riziko pojímané v obecné rovině má dosti široký význam. [12] I v případě povodňové problematiky je možno riziko pojmut různými způsoby. Nejčastěji jako *míru pravděpodobnosti výskytu nežádoucího jevu*, jehož důsledkem jsou nepříznivé účinky na životy, zdraví, majetek či životní prostředí. Jedná se pak o spřažení nebezpečí, zranitelnosti a expozice. Mezi základní operace rizikového inženýrství patří [2]:

- kvantifikace rizika;
- kvantifikace dopadů;
- odhad pravděpodobnosti výskytu nepříznivých událostí;
- identifikace nebezpečí.

Tyto pojmy definují riziko jako n -tici vektorů [12]:

$$RI_i \equiv (S_{c_i}, P_i, C_i), i = 1, \dots, n, \quad (5.1)$$

kde S_c je scénář nebezpečí, P pravděpodobnost výskytu scénáře nebezpečí a C následky (škody, ztráty) vystižené ve vhodných jednotkách. Tyto veličiny jsou závislé na čase, neboť může docházet k jejich časovým změnám.

Riziko RI_i vyplývající z realizace i -tého scénáře nebezpečí lze určit ze vztahu [2]:

$$RI_i = P_i \cdot C_i \quad (5.2)$$

Z realizace n statisticky nezávislých scénářů nebezpečí lze celkové riziko RI možno stanovit ze vztahu [2]:

$$RI = \sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i \quad (5.3)$$

Současně se riziko RI resp. RI_i vztahuje k referenční době, pro niž byly hodnoty pravděpodobnosti P_i a následky C_i stanoveny. Referenční dobu je možné brát jako například dobu životnosti objektů v záplavovém území. [2]

Riziko se dá také určit prostřednictvím schopnosti obyvatel, společnosti i životního prostředí vyrovnat se s následky pohromy. Základem postupu je srovnání vybraných kvantitativních veličin tzv. indikátorů, které slouží jako vstup do procesu rozhodování. Jedná se o indikátory odolnosti (I_{CRIT}) a zranitelnosti (I_V). První jmenovaný vyjadřuje například schopnost jednotlivých obyvatel vyrovnat se s následkem pohromy. Zranitelnost ohrožených obyvatel je specifikována jejich omezenou odolností. V širším rozsahu pojmu se jedná o požadavky na zdroje potřebné k zajištění obecných životních potřeb. [11]

Pohroma může nastat, jestliže v nějakém okamžiku u daného subjektu, hodnota indikátoru I_V překročí odolnost subjektu I_{CRIT} . Kritérium pro předcházení takového scénáře se pak zapíše takto [11]:

$$I_{CRIT} - I_V > 0. \quad (5.4)$$

Hodnocení rizika není možné zakládat pouze na zkušenostech získaných během jediné extrémní povodňové události, která zapříčinila pohromu v minulosti. Při analýzách je nutné zahrnout také odhad všech indikátorů v budoucnosti. Takzvanou „očekávanou hodnotou“ (střední hodnota) vyjádřenou jako [11]:

$$E(I_{CRIT}) - E(I_S) \geq E(I_R). \quad (5.5)$$

6. ZÁKLADNÍ VSTUPNÍ DATA PRO VYJÁDŘENÍ A ZMAPOVÁNÍ POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A RIZIKA.

Povodňové nebezpečí vyjadřuje charakteristiky povodně pro různé scénáře. Jedná se o kulminační průtoky toků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , rozsahy jejich rozlivu, hloubky zaplavení a rychlosti proudění. Základním principem je určení prostorového uspořádání uvedených charakteristik do map povodňového nebezpečí povodně pro dobu opakování 5,10,20,100 a 500 let. [4]

6.1. MAPOVÉ PODKLADY

6.1.1. Zabaged

ZABAGED[®] představuje digitální model území České republiky. Svou přesností a podrobností zobrazení geografické reality se shoduje s přesností a podrobností Základní mapy České republiky v měřítku 1:10 000. Obsah je tvořen geografickými objekty, které jsou zobrazeny v databázi vektorovým polohopisem a příslušnými popisnými a kvalitativními atributy. [17]

Při řešení problematiky povodňového rizika se jedná o základní datový podklad.

Výstupem vytvořeným ze ZABAGED[®] je pak Rastrová základní mapa 1:10 000 (RZM 10, poskytuje ČUZK). V rámci metodik pro vytváření map povodňového nebezpečí a rizika, se RZM 10 používá pro účely prezentace a tisku výsledných mapových výstupů. [4]

6.1.2. Letecké a družicové snímky (ortofotomapy)

Letecké a družicové snímky zobrazují snímky velmi reálně a umožňují tak snadno pochopit situaci a vztahy v krajině. Jednou z priorit těchto snímků je schopnost zmapování rozsáhlé oblasti během několika chvil a data jsou poté zpracována do několika dní, ba i několika hodin. Snímky přinášejí aktuální, přesné a objektivní informace nejen několikanásobně rychleji, ale i za podstatně nižší náklady. [11]

Slouží jako základní podklad pro tvorbu numerického modelu proudění vody při povodni, pro rozlišení rozmanitých druhů povrchu a uspořádání vegetace při upřesnění hydraulických drsností povrchu. [4]

6.2. GEODETICKÉ PODKLADY

Pro zpracování hydraulických výpočtů, jež vyhodnocují výsledné simulace a jsou podkladem hodnocení rizikových analýz, slouží jako základní geometrická data geodetické podklady. Obvykle jsou kladeny vysoké nároky na reprezentativnost a výstižnost dat pro zpracování hydraulických výpočtů. Je tedy zapotřebí formulace pořizovaných dat odborníkem nebo vodohospodářem znalým v oblasti numerického modelování, v nejlepším případě řešitelem předběžného průzkumu a formulovaného konceptuálního modelu řešené oblasti.[4]

Geodetické podklady zahrnují [4]:

- geometrii vodního toku;
- geometrii objektů na vodním toku;
- geometrii inundačního území.

6.3. HYDROLOGICKÁ DATA A HYDRAULICKÉ VÝPOČTY

V hydrologických datech jsou zahrnuty údaje o N-letých průtocích v zájmových oblastech. [3]

Pro výsledky hydraulických výpočtů mohou být využity 1D a 2D hydrodynamické modely. V tomto případě musí být zajištěny [3]:

- hranice rozlivu pro průtoky;
- osa toku;
- výpočtové příčné profily;
- kóty hladin;
- podélný profil s příčnými profily;
- mapy hloubek vody;
- mapy rychlostí vody.

Veškeré tyto podklady by měly být zpracovány minimálně pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} .

6.3.1. Hydrodynamické 1D a 2D modely

Rozhodování o použití jednoho z modelů je nutné zohlednit v závislosti na použité metodě odhadu rizika, zda postačí 1D model nebo je nutné použít model 2D.[11]

Jednorozměrný (1D) model je příhodné použít v korytě vodního toku nebo v sevřeném území. V průtočném profilu je tak dostatečně přesná aproximace rychlosti proudění jednou hodnotou (průřezovou rychlostí) a konstantní polohou hladiny. V případě použití v širším inundačním území jsou hloubky a rychlosti vody většinou natolik rozlišné, že je potřeba použití 2D modelu.

Dvourozměrný (2D) model je vhodný k použití zejména v případech plošného zobrazení charakteristik povodně, jako hloubku vody $h(x, y, t)$ a složky vektoru svislicové rychlosti $v_{xs}(x, y, t)$; $v_{ys}(x, y, t)$. Z těchto charakteristik je možné určit například intenzitu povodně. [11]

6.4. VYUŽITÍ GIS

„GIS je organizované spojení počítačového hardwaru, softwaru, geografických dat a osob za účelem efektivního získávání, aktualizace, manipulace, analýzy a zobrazování všech forem geograficky lokalizovaných informací.“ [7]

Jednou ze základních podmínek úspěšného použití GIS, je efektivnost vstupu dat. Kvalita a pracnost jsou „determinujícími“ podmínkami vybudování a následného využití GIS.

Mezi hlavní zdroje dat patří [7]:

- letecké a družicové snímky;
- měřické přístroje s přímým digitálním výstupem (totální stanice, GPS);
- veřejná data v digitální formě (státní mapové dílo, vojenské mapové dílo, geologická a ekologická data, statistická data).

6.4.1. Výsledné tematické mapy

Pro vytvoření konečných tematických map je ideální využití GIS, jenž je schopen neustálé aktualizace dat. Samozřejmostí je připojení na jiné informační systémy a zobrazení informací z nich získaných. V prostředí GIS je možno kombinovat různé tematické mapy tzv. vrstvy, provádět geografické analýzy, identifikovat zatopené oblasti dle příslušné databáze dat, výpočtové funkce. [7]

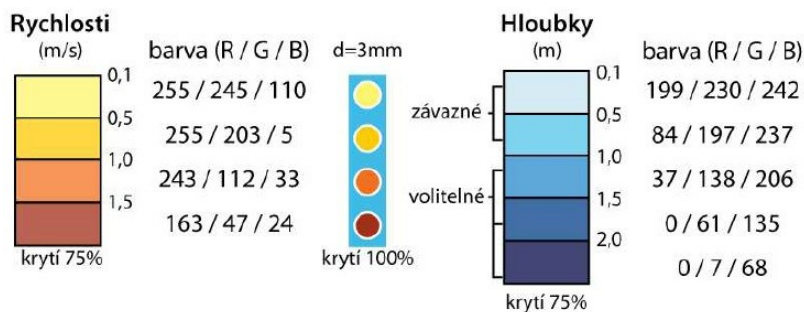
6.5. MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Ve výsledku zpracování 1D zpravidla nejsou zahrnuty mapy hloubek a rychlostí vody v záplavovém území a jejich vyhodnocení je nutné provést dodatečně. Toto provedení vychází z vygenerovaných prostorových (3D) ploch hladin odpovídajících všem povodňovým scénářům. Jako výchozí podklad za tímto účelem slouží tabelární údaje z hydraulických výpočtů, doplněny záznamy o poloze výpočtových příčných profilů a místními průzkumy terénu. [3]

„Výsledný rastr hloubek, pokrývající zájmovou oblast, je rozdílem mezi nadmořskou výškou 3D plochy hladiny v daném místě a odpovídající nadmořskou výškou digitálního modelu terénu.“ [3]

Informace o rychlostech vody vycházejí z totožných informací. V případě 2D modelu není potřeba dodatečné generování map z důvodu již poskytnutých informací o hloubkách a rychlostech. [3]

Hloubky se vykreslují v pěti intervalech, kdy hranice prvních dvou (0,0; 0,5 a 1,0m) jsou závazné. Další hodnoty je tak možno dle potřeby měnit. Rychlosti se vykreslují v intervalech čtyřech viz. obr. 6. 1. [4]



Obr. 6. 1 Legenda mapy nebezpečí [4]

Příkladné mapy hloubek a rychlostí jsou uvedeny v přílohách.

7. POSTUP VYJÁDŘENÍ A ZMAPOVÁNÍ POVODŇOVÉHO RIZIKA V ČR

Metody efektivního stanovení povodňových rizik jsou zapotřebí pro různé uspořádání územních celků i pro rozdílné skupiny ohrožených subjektů. Zpravidla pro úrovně nebezpečí průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Postupy se dělí na semikvantitativní a kvantitativní.

Semikvantitativní přístupy používají pro klasifikaci rizika vhodně zvolené číselné či barevné stupnice. Mezi tyto metody patří:

- metoda matice rizika;
- metoda následků, dopadů a jejich kritičnosti (FMECA);
- metoda založená na vyjádření maximálního přijatelného rizika.

Kvantitativní přístupy stanovují pravděpodobnost finálního stavu celého systému na základě pravděpodobnosti výskytu stavu jednotlivých prvků a tím je vyjádřena jejich spolehlivost.

První z uvedených metod, matice rizika, umožní v České republice splnění požadavků Povodňové směrnice na dokončení map povodňového nebezpečí a rizik ve stanoveném termínu. [4]

7.1. METODA MATICE RIZIKA

Metoda matice rizika představuje tzv. semikvantitativní metodu vyjádření rizika. [5]

Reprezentuje jeden z nejjednodušších způsobů pro předběžnou klasifikaci potenciálního rizika, které povodně představují pro zájmová území. Nežádá si kvantitativní odhad škody zapříčiněné vylitím vody z koryta, nýbrž vhodným způsobem vyjadřuje nebezpečí povodně.

Riziko je v popisované metodě chápáno jako funkce pravděpodobnosti překročení příslušné povodně a tzv. intenzity povodně (dále jen IP). IP zároveň vyjadřuje ničivé účinky povodně závisující zejména na hloubce zaplavení a rychlosti proudu. [11]

Postup metody se zakládá na čtyřech krocích [4]:

- kvantifikace povodňového nebezpečí (výpočet IP);
- stanovení povodňového ohrožení pomocí matice rizika;
- stanovení zranitelnosti území na základě informací o využití území;
- určení ploch s nepřijatelným rizikem.

7.1.1. Výpočet intenzity povodně

Pro stanovení IP v závislosti hloubky vody h [m] a rychlosti vody v [m/s] jsou použity následující vztahy:

$$IP = \begin{cases} 0 & h = 0m \\ h & h > 0m, v \leq 1m/s \\ h \cdot v & v > 1m/s \end{cases} \quad (7.1)$$

Vstupními daty výpočtu IP jsou hodnoty hloubek a rychlostí pro určené N-leté průtoky v záplavovém území. Tento výpočet je nutné provést pro všechny scénáře povodňového nebezpečí (zpravidla pro interval opakování 5,20,100 a 500 let).

Výsledkem těchto výpočtů jsou pak rastrová data, v nichž každá z buněk rastru obsahuje údaj o IP pro každý ze scénářů povodně. [4]

7.1.2. Stanovení povodňového ohrožení

Dalším krokem je stanovení povodňového ohrožení R , které se pro i -tý povodňový scénář odpovídající kulminačnímu průtoku opakujícím se jednou za N_i let s pravděpodobností p_i vypočte dle vztahu:

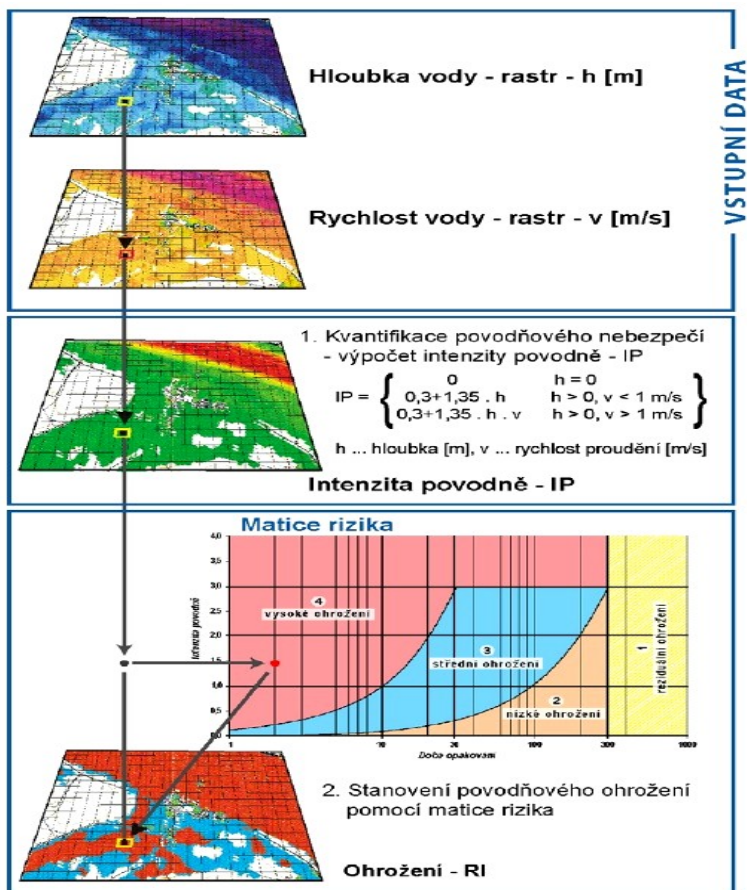
$$R_i = (0,3 + 1,35 \cdot IP_i) \cdot p_i \quad (7.2)$$

kde:

$$p_i = 1 - e^{-\frac{1}{N_i}}, \text{ resp. } p_i \approx \frac{1}{N_i} \text{ pro cca } N \geq 5. \quad (7.3)$$

Graficky znázorněné ohrožení R_i , je pomocí matice rizika, vyjádřené podle vztahu 7.2 pro i -tý případ povodňového scénáře, uvedeno na obrázku 7.1.

Pro každou z buněk rastru IP (obr. 7.1) je zapotřebí stanovit ohrožení vyjádřené číselnou hodnotou v intervalu 1 (reziduální) až 4 (vysoké) (Tab. 7.1). Pro všechny N-leté průtoky uvedené výše je třeba tento postup opakovat. [4]



Obr. 7. 1 Matice rizika [3]

Tab. 7. 2 Klasifikace ohrožení [4]

Ohrožení R	Kategorie ohrožení	Doporučení
$R \geq 0,1$ nebo $IP \geq 2$	(4) Vysoké (červená barva)	Nedoporučuje se povolovat novou ani rozšiřovat starou zástavbu ke zdržování lidí či zvířat.
$0,01 \leq R < 0,1$	(3) Střední (modrá barva)	Výstavba možná s omezeními.
$R < 0,01$	(2) Nízké (oranžová barva)	Výstavba možná. Vlastníci objektů musí být upozorněni na potenciální nebezpečí.
$P < 0,0033$ (tj. $N > 300$)	(1) Reziduální (žlutá barva)	Řešení prostřednictvím dlouhodobého územního plánu se zaměřením zejména na citlivé objekty (nemocnice, památkové objekty atp.)

Mapa ohrožení

Výsledkem maximálních hodnot ohrožení je zobrazení pomocí barevné škály do mapy ohrožení. Tímto se záplavové ohrožení rozčlení z hlediska povodňového ohrožení. [4]

Míra povodňového ohrožení se zobrazuje ve čtyřech barvách (tab. 7.1). Pro vysoké, střední a nízké ohrožení se v mapě používá krytí 60% a reziduální ohrožení 40% (obr. 7.2). Jestliže není možné odstupňovat jednotlivé barvy, je možno pro reziduální ohrožení použít rovněž 60%. [5]

KRYTÍ 100%	OHROŽENÍ	barva (R / G / B)	KRYTÍ
	Vysoké	255 / 0 / 0	 60%
	Střední	0 / 92 / 230	 60%
	Nízké	248 / 148 / 62	 60%
	Reziduální	250 / 238 / 16	 40%

Obr. 7.2 Legenda mapy ohrožení [5]

Příkladná mapa povodňového ohrožení je obsažena v příloze č. 5

7.1.3. Stanovení zranitelnosti

Jako základní podklad pro stanovení zranitelnosti slouží informace o způsobu využití území, které jsou založené na Územně plánovací dokumentaci, především na její grafické části – hlavním výkresu. Hlavní výkres pak může být k dispozici v těchto formách [4]:

- vektorová data;
- rastrová data;
- papírová příloha Územně plánovací dokumentace (nutná georeference, skenování, vektorizování).

Jestliže nastane situace, že není zpracován územní plán pro jednotlivé obce či je neaktuální, je třeba zranitelnost stanovit nebo zpřesnit pomocí jiných zdrojů informací, např. ZABAGED, katastrální mapa, terénní průzkum atp.

Rozdělení ploch využití území odpovídá vyhlášce č.501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území.

Dělení ploch pro vyjádření zranitelnosti zní takto [4]:

- bydlení (BY);
















- smíšené plochy (SM);
- občanská vybavenost (OV);
- technická vybavenost (TV);
- doprava (DO);
- výroba a skladování (VY);
- rekreace a sport (RS);
- zeleň (ZE).

Mapa zranitelnosti území

V mapách zranitelnosti území jsou základní plochy využití území rozlišeny ve třech časových hlediscích: stav, návrh a výhled (dle zadávací dokumentace ÚPD), z geometrického hlediska je plocha buď zcela vyplněna, nebo ohraničena obrysovou linií. [5]

Na obrázku 7.3 jsou znázorněny typy výplně a obrysu plochy [5]:

- současný stav – křížená šrafa (orientace 0° a 90°, síla obrysu 2b);
- návrhové plochy – svislá šrafa (orientace 90°, síla obrysu 1,5b);
- výhledové plochy – mají plochu pouze lemovánu (síla obrysu 4b), dle definice ÚPD nejsou tyto plochy v rámci ÚPD závazné.

	stávající	návrh	výhled	Barva (RGB)
Bydlení				122 / 22 / 0
Smíšené plochy				135 / 33 / 117
Občanská vybavenost				227 / 127 / 28
Technická vybavenost				0 / 55 / 104
Doprava				253 / 185 / 36
Výrobní plochy a sklady				236 / 11 / 141
Rekreace a sport				56 / 124 / 43
Zeleň				140 / 198 / 63

Obr. 7. 3 Kategorie barev a výplní pro zranitelnost území [5]

Identifikaci ploch lze také provést dle popisů a kódů (BY = bydlení, DO = doprava atd.) uvedených výše.

Citlivé objekty

V rámci metody je zapotřebí znázornit tzv. citlivé objekty. Objekty, ve kterých dochází ke zvýšené koncentraci obyvatel se specifickými potřebami při evakuaci, dále objekty složek Integrovaného záchranného systému a také zařízení, jejichž vyřazení z provozu z příčin povodně může výrazně omezit fungování celé obce. [5]

Mezi tyto objekty se řadí v kategorii občanské vybavenosti [4]:











- školství (Sk);
- zdravotní a sociální péče (Zd);
- Hasičský záchranný sbor, Policie, Armáda ČR (Zs);
- nemovitá kulturní památka (Ku).

v kategorii technické vybavenosti:

- energetika (En);
- vodohospodářská infrastruktura (VH);

a zdroje znečištění (ZZ), objekty ve kterých dochází k nakládání s nebezpečnými látkami, mají sklon ke způsobení havarijního znečištění vody nebo životního prostředí. [4]

Pro znázornění citlivých objektů jsou použity geometrické znaky v černobílém a barevném provedení (obr. 7.4). Symbol, jenž charakterizuje citlivý objekt je pak umístěn nad plochou nadřazené kategorie zranitelnosti území. [5]

Kategorie	BW	CO	Barva (RGB)
Kulturní objekt			153 / 0 / 102
Školství			255 / 102 / 153
Vodohosp. infrastruktura			28 / 54 / 100
Zdravotnictví a soc. péče			255 / 51 / 51
Policie, Armáda, Hasičský záchranný sbor			140 / 200 / 60

Obr. 7. 4 Symboly pro vyjádření citlivých objektů. BW černobílá varianta, CO barevná. [5]

Využití ZABAGED

Pro stanovení kategorií zranitelnosti lze využít i geodatabáze ZABAGED, mohou doplňovat informace z ÚPD, a bývají často aktuálnějšího data. V případě nezpracovaného územního plánu obce je ZABAGED hlavní zdroj pro stanovení způsobu užívání území a následně i zranitelnosti území. [4]

Jiné zdroje informací

Dalšími užitečnými zdroji informací jsou weby měst a obcí, ortofotomapy, veřejné webové mapové portály atd. V nejasných či sporných případech je vhodné stanovení zranitelnosti doplnit terénním průzkumem.[4]

7.1.4. Stanovení povodňového rizika

Povodňové riziko se stanoví průnikem výše uvedené problematiky, tj. informace o povodňovém ohrožení a zranitelnosti území. Pro jednotlivé kategorie zranitelnosti území je pak stanovena tzv. míra přijatelného rizika (Tab. 7.2). [4]

Kategorie zranitelnosti	Označení	Přijatelné riziko
Bydlení	BY	Nízké
Smíšené plochy	SM	Nízké
Občanská vybavenost	OV	Nízké
Technická infrastruktura	TV	Nízké
Dopravní infrastruktura	DO	Nízké
Výrobní plochy a sklady	VY ZV	Nízké Nízké
Sport a hromadná rekreace	RS	Střední
Lesy, zemědělská půda, zeleň	Zel	Vysoké

Tab. 7.2 Kategorie přijatelného rizika na základě zranitelnosti území [4]

Mapa povodňového rizika

V mapě povodňového rizika se zvýrazní ty plochy, na kterých je kritérium maximálního přijatelného rizika překročeno. Uvnitř ploch se dosažené hodnoty vyznačí v barevné škále dle tabulky 7. 2. [3]

Je-li k dispozici digitální ÚPD v takové formě, aby bylo možné je zařadit do zpracování mapy, je vhodné zahrnout nerizikové plochy v potlačené barevnosti. Pro rozlišení rizikových a nerizikových ploch je využito vysoké procento průhlednosti s krytím 35%. Barvy zůstávají stejné. [5]

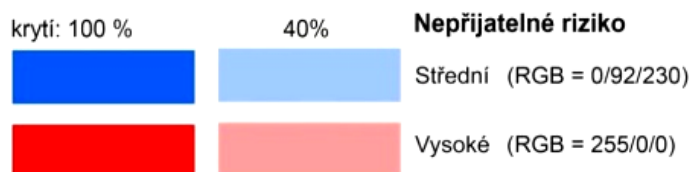


Obr. 7. 5 Příklad rizikových a nerizikových ploch [5]

Nepřijatelné riziko

Způsob vizualizace je stejný jako v mapách povodňového ohrožení. V mapách rizik jsou podstatně stupně středního a vysokého rizika. Použití červené barvy pro vysoký stupeň a modré pro stupeň střední je zachováno (obr. 7.2) s rozdílem krytí ploch 40% pro lepší rozpoznatelnost a čitelnost (obr. 7.6). [5]

Příkladná výsledná mapa povodňového rizika je k dispozici v příloze č. 6.



Obr. 6 Zobrazení nepřijatelného rizika [5]

7.1.5. Standardizační minimum mapování

Standardizační minimum si ukládá jako cíl sjednocení činností a výstupů při zpracování map povodňového ohrožení a rizika v rámci České republiky. Výsledkem tohoto sjednocení jsou nesporné výhody pro zúčastněné strany.

Zpracovatelé mají hlavní výhody v předem nadefinované struktuře projektu, předem nastavených hlavních bodech zpracování, ve srovnatelnosti výsledků a snadnější orientaci v projektu.

Ve státní správě se pak jedná o unifikaci mapových výstupů a zpráv, snadnější agregaci na národní úrovni, jednodušší agregaci do krajů, srovnatelnost výsledků, snažší kontrolu budoucích zpracovatelů ze státních podniků povodí,

shodný postup na úrovni státních podniků Povodí, možnost integrace do datových šablon pro reporting do Evropské komise a lepší orientaci pro veřejnost.

Standardizační minimum se pak dělí na tři části:

- část A – Průvodní zpráva;
- část B – Hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí;
- část C – Mapy povodňového ohrožení a povodňových rizik.

Mapy rizik a ohrožení pak budou podkladem pro zpracování plánů pro zvládnutí povodňových rizik. [18]

8. MAPOVÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK NA SLOVENSKU

Slovenský metodický dokument, který se zabývá mapováním povodňového ohrožení a rizika, vychází zejména ze zahraničních publikací s obdobnou tematikou a to z České republiky, Německa, Velké Británie a USA a také z vlastních poznatků a zkušeností, získaných při mapování ohrožení a rizik. Jedná se o první pracovní návrh, jenž se zabývá touto problematikou. [9]

Dle zákona Slovenské republiky č. 7/2010 o ochraně před povodněmi, mapa povodňového rizika obsahuje:

- záplavovou čáru, která ohraničuje území potenciálně ohrožené povodní, shodnou se záplavovou čarou v mapách povodňového ohrožení;
- údaj o odhadovaném počtu potenciálně ohrožených obyvatel;
- druhy hospodářských činností na území potenciálně ohroženém povodní;
- lokality s průmyslovou činností, které mohou při zaplavení způsobit havarijní znečištění vody;
- polohu potenciálně ohrožených území pro odběr pitné vody a rekreační činnosti;
- lokality vhodné na koupání;
- informace o dalších významných zdrojích potenciálního znečištění vody při jejich zaplavení;
- území, které tvoří národní soustavu chráněných území a evropskou soustavu navrhovaných a vyhlášených chráněných území (NATURA 2000), pokud se nacházejí v oblasti zobrazené na mapě povodňového ohrožení;
- informace, které jsou ministerstvem považované za užitečné při zobrazení na mapách povodňových rizik a o kterých informují správci vodohospodářský významných vodních toků, nejpozději rok před dokončením či přehodnocením a aktualizací map povodňového rizika.

Mapy ohrožení a rizika se stanovují pro povodňové scénáře s dobou opakování 1000,100,50,10 a 5 let.

Mapa povodňového rizika území při státní hranici Slovenské republiky se připravuje po předcházející výměně informací se sousedním státem, prostřednictvím komise pro hraniční vody. [14]

V případě povodní Moravy se jedná o Českou republiku, Slovenskou republiku a Republiku Rakousko.

8.1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE NA MAPÁCH POVODŇOVÝCH RIZIK SR

8.1.1. Údaje o využití území

Na základě metodiky projektu I&CLC2000 se povrch Slovenské republiky kategorizoval následovně [9]:












- umělé povrchy (urbanizovaná zástavba, průmysl, skládky, těžba atd.);
- zemědělské povrchy (orná půda, trvalé plodiny, travnaté plochy);
- lesní a polopřírodní plochy (lesy, křoviny a další vegetace);
- zamokřené plochy (močály, rašeliniště);
- vody (vodní toky a nádrže).

Dále je možné využití územně plánovací dokumentace jednotlivých obcí a měst.

8.1.2. Zobrazení funkčního využití území

Příklad zobrazení a klasifikace funkčního využití při mapování povodňového rizika při mapování povodňového rizika v povodí Domanižanky je uveden v tabulce 8. 1. [9]

Tab. 8. 1 Legenda funkčního využití území a vybraných objektů v povodí Domanižanky [9]

	Funkční využití území / objekt	RGB barvy			CMYK barvy			
		R	G	B	C	M	Y	K
	most, lávka	255	85	0	0	67	100	0
	budova	168	0	0	0	66	66	34
	biokoridor	p š	255 56	255 168	255 0	0 44	0 66	0 34
	zeleň	85	255	0	67	0	100	0
	bytové domy	255	0	0	0	100	100	0
	rodinné domy	255	190	232	0	25	9	0
	sport a rekreace	255	255	0	0	0	100	0
	občanská vybavenost	197	0	255	23	100	0	0
	pěší zóny	p š	255 168	255 168	255 0	0 0	0 66	0 34
	hromadné garáže a parkoviště	p š	204 110	204 110	204 110	0 0	0 0	20 57
	polyfunkční objekty	p š	255 0	0 92	0 230	0 90	100 54	0 10

8.1.3. Identifikace lokalit průmyslové činnosti

Při identifikaci lokalit, které mohou při zaplavení způsobit havarijní znečištění vody, je možné využít Informační systém environmentální zátěže (ISEZ). Ten umožňuje vyhledat a zobrazit lokalitu zátěže s přiřazenými informacemi o druhu zátěže, druhu činnosti, stupni priority a o její kategorizaci.

Příklad druhů lokalit s průmyslovou činností dle ISEZ [9]:

- elektrotechnická výroba;
- energetika;
- farmaceutická výroba;
- hutnická výroba;
- skladování a zpracování ropy a ropných látek atd.

A další významné zdroje potenciálního znečištění dle ISEZ [9]:











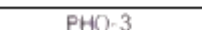
- čerpací stanice
- chemické čistírny
- automobilové opravy
- čištění odpadních vod
- lakovny atd.

8.1.4. Identifikace a zobrazení potenciálně ohrožených vodních zdrojů

Jako zdroj údajů na identifikaci lokalit je možné využít databáze Výzkumného ústavu vodního hospodářství v Bratislavě, které obsahují údaje o odběrech vody, úpravách vody, povrchových a podzemních vodních zdrojích a ochranných pásmech vodních zdrojů. [9]

Pro zobrazení ochranných pásem je pak možné využít značek vodohospodářské mapy zobrazené v tabulce 8.2

Tab. 2 Legenda zobrazení vodních zdrojů a pásem ve vodohospodářské mapě [9]

	vodárensky využívaný pramen
	minerální a geotermální pramen
	studna
	objekty s artézskou vodou
	minerální a geotermální hydrogeologický vrt
	vodárensky využívané báňské vody
	zemní vodojem
	vežový vodojem
	úpravna vody
	hranice ochranného pásma přírodních léčivých zdrojů a minerálních vod stolových (OP - I., II., III. stupně)
	pásma hygienické ochrany vodních zdrojů (PHO-1., 2., 3. stupně)

8.1.5. Identifikace a zobrazení chráněných území

Na území SR se pro územní ochranu stanovuje pět stupňů. Rozsah omezení roste se zvyšujícím se stupněm. Za chráněné území je možno vyhlásit lokality, na kterých nacházejí biotopy evropského a národního významu a biotopy ptáků včetně stěhovavých druhů, na jejichž ochranu se vyhláší chráněná území, významné krajinné prvky nebo území mezinárodního významu. [9]

Rozdělení chráněných území SR do kategorií a stupňů ochrany [9]:

- CHKO - 2.;
- národní park – 3.;
- chráněný areál – 3., 4., 5.;
- přírodní rezervace – 4., 5.;
- národní přírodní rezervace – 4., 5.;
- přírodní památka – 4., 5.;
- národní přírodní památka – 4., 5.;
- chráněný krajinný prvek – 2., 3., 4., 5.

9. VLASTNÍ NÁVRH VIZUALIZACE MAPY POVODŇOVÉHO RIZIKA

Za účelem jednoduššího porozumění širší veřejnosti, jsem navrhl vlastní způsob barevného a značeného mapového vyjádření.

K vlastnímu návrhu pro vizualizaci mapy povodňového rizika jsem zvolil lokalitu dolní části Roztok u Prahy, jež je mi dobře známa a nebylo tak třeba zvláštních terénních průzkumů. V oblasti se nachází několik významných objektů, ať už se jedná o objekty nutné k provozu obce, významné památky, zdroje znečištění a v neposlední řadě obytné části.

Veškeré mapové dokumenty byly vytvořeny pomocí programového balíčku společnosti ESRI, ArcGIS Desktop – ArcInfo, konkrétně programy ArcMap a ArcCatalog.

Jako mapový podklad jsem použil základní topografickou mapu z geoportálu CENIA [15] s krytím 50% pro lepší přehlednost výsledné mapy (obr. 8.1)

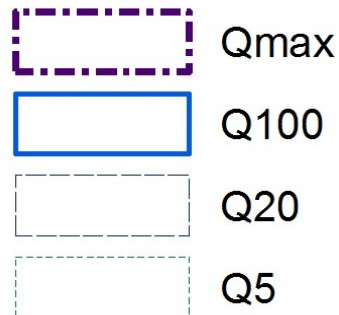


Obr. 8.1 Topografická mapa a) krytí 50% b) plné krytí 100%

Dále mi byly k dispozici hranice rozlivu povodňových scénářů ze serveru DIBAVOD pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a největší dostupnou zaznamenanou povodeň Q_{max} , datovanou v srpnu roku 2002. Navrhnuté zobrazení těchto scénářů je následující (obr. 8.2):

- Q_5 – čára přerušovaná 2:1, barva R/G/B 0/115/76 (peacock green), tloušťka 0,4b
- Q_{20} – čára přerušovaná 6:1, barva R/G/B 0/38/115 (dark navy), tloušťka 0,4b
- Q_{100} – čára plná, barva R/G/B 0/92/230 (lapis lazuly), tloušťka 1,5b

- Q_{max} – čára čerchovaná, barva R/G/B 76/0/115 (ultramarine), tloušťka 2b



Obr. 8.2 Návrh legendy k povodňovým scénářům

Mapa povodňového ohrožení

Pro mapu povodňového ohrožení jsem vycházel z klasifikace ohrožení na vysoké, střední, nízké a reziduální, uvedené v kapitole 7.1.2 podle [8]. Barevné škály jsou na mapě zobrazeny s krytím 50% v barvách (obr. 9.3):

- vysoké ohrožení – R/B/G 255/0/0 (mars red);
- střední ohrožení – R/B/G 255/255/0 (solar yellow)
- nízké ohrožení – R/B/G 56/168/0 (leaf green)
- reziduální ohrožení – R/B/G 255/0/197 (ginger pink)



Obr. 9.3 Návrh legendy a) krytí 50% b) plné krytí 100%

Mapa zranitelnosti území

Na základě územně plánovací dokumentace, dostupné na internetových stránkách města Roztoky [20], jsem navrhl zranitelné plochy uvnitř záplavového území Q_{max} .

Územní plán je k dispozici pouze v naskenovaném formátu PDF a proto bylo potřeba vytvořit rastr ve formátu JPEG, který se následně pomocí funkce georeferencování v programu ArcMap nastavil do používaného souřadnicového systému S-JTSK.

Zranitelné plochy se pak znázornily obtažením ploch územního plánu vektorizováním.



Obr. 9.4 Návrh legendy mapy zranitelnosti

Plocha je ohraničena plnou čarou o tloušťce 2b se šrafovanou výplní pod úhlem 45°. V lokalitě jsou zahrnuty pouze plochy stávajícího stavu. Pro návrhové plochy pak připadá vodorovná šrafa (0°) a výhledové zůstávají bez výplně.

Barvy použité pro zranitelné plochy:

- bydlení – R/B/G 168/0/0 (tuscan red);
- občanská vybavenost – R/B/G 255/85/0 (fire red)
- doprava – R/B/G 255/127/127 (medium coral light)
- technická vybavenost – R/B/G 255/0/197 (ginger pink)
- výroba a průmysl – R/B/G 85/255/0 (medium apple)
- smíšené plochy – R/B/G 0/77/168 (ultra blue)
- rekreace a sport – R/B/G 76/115/0 (spruce green)
- zahrady a zeleň – R/B/G 163/255/115 (light apple)

Citlivé objekty

Při volbě znaků citlivých objektů jsem se v první řadě snažil, aby bylo pokud možno, hned na první pohled rozeznat, o jaký se jedná. Základem je plný černý kruh doplněný samotnou značkou pro jednotlivé druhy objektů, která je znázorněna různou barevnou škálou. V případě černobílého provedení je tak znak stejně rozeznatelný, jako ve variantě barevné.



Obr. 9.5 Návrh znaků pro citlivé objekty

Při návrhu zranitelných ploch a citlivých objektů jsem vycházel z rozdělení, uvedeném v kapitole 7.1.3 dle [4].

Mapa povodňového rizika

Průnik map zranitelnosti a ohrožení pro stanovení povodňového rizika v území jsem provedl funkcí Clip v programu ArcMap. Ta zobrazí povodňové ohrožení pouze v zájmových plochách a na základě vysokého a středního nepřijatelného rizika se určí plochy v riziku, v tomto případě každá z nich. Barevná škála je totožná jako v případech mapy ohrožení a zranitelnosti.

Výsledné vytvořené mapy jsou vyobrazeny v přílohách.

10. DISKUSE A ZÁVĚR

Proces implementace povodňové směrnice je zdoluhavá a časově velmi náročná záležitost. Při postupu realizace zmapování povodňových rizik je třeba se nejdříve zaměřit na oblasti s nejvyšší prioritou. Podle popsané metodiky v České republice je na první pohled zřejmé o jak složitý proces se jedná. V první řadě přichází seznámení se zájmovou lokalitou včetně vizuálního terénního průzkumu a geodetického zaměřování, získání digitalizovaných mapových podkladů a hydrologických údajů. Na základě těchto informací je třeba stanovit hydrodynamické 1D a 2D modely potřebné k vytvoření map povodňového nebezpečí s hloubkami a rychlostmi v záplavovém území při různých povodňových scénářích. Pro používanou metodu matice rizika se mapy nebezpečí dále využívají k vytvoření rastru intenzity povodně. Tímto a metodou matice rizika dochází k vytvoření mapy povodňového ohrožení, zobrazenou v barevné škále od ohrožení nejvyššího po nejnižší. V kroku stanovení zranitelnosti území přichází dle mého názoru závažnější problém, a to způsob prezentace územně plánovací dokumentace obcí. Obce buď ÚPD nemají zpracovány vůbec nebo pouze v papírové formě, na řadu tak vstupují dlouhé hodiny skenování rastru s nejistými výsledky. Myslím si, že v době kdy je pojem digitalizace téměř samozřejmostí, toto vidím jako zásadní nedostatek. Průnikem těchto informací, map zranitelnosti a ohrožení, dostáváme hlavní předmět zájmu a to, mapu povodňového rizika. Touto metodou bylo v ČR stanoveno již několik pilotních projektů, např. povodí Labe.

Co se Slovenské republiky týče, výše popsané značení poukazuje na výčet skutečností, které musí mapy v SR obsahovat. Jedná se o první předběžný návrh možného budoucího zobrazování. Slovenské metodiky vycházejí především z dokumentů českých a německých. V současné době se pracuje na úpravách metodického dokumentu zahrnující přesnější specifikaci mapování rizikové problematiky. Dle mého názoru obsahuje výčet skutečností, které musí mapy povodňového rizika obsahovat, více informací než v metodice české, což se může někomu zdát nadbytečné. Nicméně tyto informace za nadbytečné nepovažuji. Kupříkladu zařazení chráněných krajinných oblastí pokládám za velmi užitečné, přestože jde primárně o ochranu životů. Dále bych vyzdvihl využití projektu I&CLC2000 jako podklad pro stanovení ploch ohrožených povodní. V rámci částečného povodí řeky Moravy na území Slovenska byly zatím stanoveny pouze úseky vodních toků s existujícím významným a potenciálně významným povodňovým rizikem. Výsledky map povodňových rizik v tuto chvíli nejsou k dispozici.

Ve vlastním návrhu byl mým hlavním cílem srozumitelnější popis důležitých objektů, kulturních památek, škol, nemocnic atd. pro širší veřejnost. V současném návrhu v tom vidím hlavní slabinu, proto bych chtěl, aby neinformovaná osoba i bez pohledu na mapovou legendu vytušila, o jaký objekt se jedná. Použité výstižné symboly by toto měly umožnit v barevné i v černobílé variantě. Při rozdělování objektů a ploch mi při návrhu byla podkladem metodika ČR. Plochy by oproti jiným metodikám měly přinášet jasnější pochopení, například barevná škála mapy povodňového ohrožení. V případě, že se jedná o ohrožení vysoké, jsem ponechal červenou barvu, protože každý má tuto barvu většinou spojenou s nějakou potenciální hrozbou či nebezpečím. Střední ohrožení jsem označil žlutě, jelikož se stále jedná o lehčí variantu ohrožení vysokého, a žlutá představuje jiný odstín červené, takže mi v této věci použití modré v českých dokumentech přijde nevhodné. Ohrožení nízké jsem označil zelenou, kde si lze vzít za příklad světelné dopravní značení, v tomto případě jako upozornění, že je zde možná téměř bezproblémová výstavba obytných i neobytných budov. Růžová barva reziduálního ohrožení působí už přece jen uvolněněji než ostatní případy ohrožení. Plochy zranitelnosti s kříženou šrafou pod úhlem 45° by měly působit kontrastněji než za použití úhlu 90° a širší obrysová čára této skutečnosti napomáhat. Stejná barva reziduálního ohrožení a plochy technické vybavenosti nemá mezi sebou žádnou spojitost. V průniku mapy rizika, mapami zranitelnosti a ohrožení se toto ohrožení neuvádí, a není tedy možné, že by plochy vzájemně kolidovaly.

Od celé implementace povodňové směrnice do budoucna očekávám informování o problematice do podvědomí širší veřejnosti, dostatečnou propagaci nejen v zasažených oblastech, tak aby obyvatelstvo vědělo nebo mělo tušení, že se pro jejich bezpečnost provádí něco užitečného, rozhodně bych nezůstal pouze u správních orgánů apod. Výsledné mapy bych umístil například na stránky stěžejních povodí, úřadů měst a obcí a dalších důležitých míst, ze kterých je možné informace maximálně rozšířit. Doporučil bych možné sjednocení metodik všem státům Evropské unie, přestože shoda na vhodném postupu nemusí být jednoduchá. Je jasné, že ne často se může stát, aby obyvatelé cizího státu měli zájem o prohlédnutí jakýchkoli výsledných map. Nicméně ke vzájemné spolupráci členských států při mapování by toto mohlo být užitečné.

11. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **Česká republika.** Zákon o vodách: Vodní zákon. In: č.254/2001 Sb. 2001.
Dostupné z: <http://www.mzp.cz>
- [2] **Drbal, Karel a kolektiv.** Návrh metodiky stanovování povodňových rizik a její ověření v povodí labe. Brno : VÚV T.G.M. Brno, 2004. VaV/650/5/02.
- [3] **Drbal, Karel a kolektiv.** *Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území.* Brno : VÚV T.G.M. Brno, 2008.
- [4] **Drbal, Karel a kolektiv.** Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Praha : VÚV T.G.M., 2009. poslední aktualizace 13.3.2012.
- [5] **Drbal, Karel a kolektiv.** *Mapy rizik vyplývajících z povodňového nebezpečí v ČR.* Brno : VÚV T.G.M. Brno, 2009. SP/1c2/121/07.
- [6] **Evropská unie.** Směrnice Evropského parlamentu a Rady o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik. In: 2007/60/ES. 2007. Dostupné z: <http://www.mzp.cz>
- [7] **Havlík, Aleš a kolektiv.** *Metodika mapování povodňových rizik s pomocí geografických informačních systémů.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2004. ISBN 80-01-02910-7.
- [8] **Hrádek, František a Kuřík, Petr.** *Hydrologie.* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, 2008. ISBN 978-80-213-1744-4.
- [9] **Lukáč, Miroslav.** *Mapy povodňového ohrožení a povodňového rizika-metodika.* Bratislava : Výskumný ústav vodného hospodárstva, 2011.

- [10] **Reidinger, Josef.** *Ochrana před povodněmi v ČR.* Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2009.
- [11] **Říha, Jaromír a kolektiv.** *Riziková analýza záplavových území.* Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2005. ISBN 80-7204-404-4.
- [12] **Tichý, M.:** *Rizikové inženýrství. 1 - Riziko a jeho odhad,* Stavební obzor, 1994/9, s. 261- 262
- [13] **VÚV T.G.M.** *Mapování povodňových rizik v České republice.* Brno, 2011.
Dostupné z: <http://www.vuv.cz>
- [14] **Slovenská republika.** Zákon o ochrane pred povodňami. In: č.7/2010. 2010.

Internetové zdroje

- [15] **CENIA.** Národní geoportál INSPIRE. [Online] 2010-2012. [Citace: 18. duben 2012.] <http://www.geoportal.gov.cz>.
- [16] **Český hydrometeorologický ústav.** Hlásná a předpovědní povodňová služba. [Online] Hydrosoft Veleslavín s.r.o., 2012. [Citace: 16. únor 2012.] <http://www.hydro.chmi.cz>.
- [17] **Český úřad zeměměřičský a katastrální.** [Online] 2011. [Citace: 14. Duben 2012.] <http://www.cuzk.cz>.
- [18] **Ministerstvo životního prostředí ČR.** Povodňový informační systém. [Online] Hydrosoft Veleslavín s.r.o., 2012. [Citace: 14.. únor 2012.] <http://www.povis.cz>.
- [19] **Ministerstvo životního prostředí ČR.** Povodňový plán České republiky. [Online] Hydrosoft Veleslavín, s.r.o., 4. Leden 2012. [Citace: 19.. únor 2012.] <http://www.dppcr.cz>.
- [20] **Město Roztoky.** Město Roztoky. [Online] 2012. [Citace: 18. duben 2012.] <http://www.roztoky.cz>.

12. SEZNAM PŘÍLOH

Poskytnuto Ministerstvem životního prostředí

- 1) Mapa záplavových čar
- 2) Mapa hloubek vody
- 3) Mapa rychlostí vody
- 4) Mapa hloubek a rychlostí
- 5) Mapa povodňového ohrožení
- 6) Mapa povodňového rizika

Vlastní návrh

- 7) Mapa povodňového ohrožení
- 8) Mapa zranitelnosti území
- 9) Mapa povodňového rizika