

**Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní**

Protipovodňová opatření

Veronika Cichá

**Bakalářská práce
2013**

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Cichá**
Osobní číslo: **E10813**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Management ochrany podniku a společnosti**
Název tématu: **Protipovodňová opatření**
Zadávatel katedra: **Ústav regionálních a bezpečnostních věd**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Protipovodňová opatření přispívají k zmírnění materiálních i lidských ztrát při povodňových stavech. Obsahem práce je popis problematiky protipovodňových opatření, analýza současného stavu včetně ekonomických aspektů investic do protipovodňových opatření, zjištění nedostatků a návrhy řešení.

Rešerše odborné literatury a dalších pramenů.
Stanovení cílů bakalářské práce a volba metod.
Základní pojmy krizového řízení.
Mimořádné události a krizové situace.
Analýza připravenosti obyvatel ve vybraných obcích.
Formulace závěrů, návrhy a doporučení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- ČAMROVÁ, L., JÍLKOVÁ, J. Povodně v území: institucionální a ekonomické souvislosti. Vyd. 1. Praha: Eurolex Bohemia, 2006, 172 s. ISBN 80-737-9000-9.
- JURÁŇ, M., MATĚJKA, J. Mobilní protipovodňové systémy. Vyd. 1. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010, 151 s. ISBN 978-80-86640-62-4.
- PROCHÁZKOVÁ, D. Základní legislativa. Bezpečnost a krizové řízení. Praha: Police History, 2006, pp. 166-167. 255 s. ISBN 80-86477-35-5.
- SMEJKAL, V., RAIS, K. Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. Praha 7: Grada Publishing, 2007. 354 s. ISBN 978-80-247-3051-6.
- TICHÝ, M. Ovládání rizika: Analýza a management. Praha: C. H. Beck, 2006. 396 s. ISBN 80-7179-415-5.


Vedoucí bakalářské práce:


Ing. Ondřej Svoboda

Ústav regionálních a bezpečnostních věd

Datum zadání bakalářské práce: 30. září 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2013


doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.


doc. Ing. Ivana Kraftová, CSc.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 3. října 2012

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30. 4. 2013

Veronika Cichá

PODĚKOVÁNÍ:

Touto cestou bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce panu Ing. Ondřejovi Svobodovi za odbornou pomoc, připomínky, poskytnuté rady a ochotu při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych také chtěla poděkovat za poskytnutí dat panu Ing. Petrovi Kočímu, Ing. Martinovi Pálovi a Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu. V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat své rodině a nejbližšímu okolí za trpělivost a podporu při studiu.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá charakteristikou povodní a jednotlivými druhy protipovodňových opatření, která přispívají ke zmírnění materiálních i lidských ztrát při povodňových stavech. V závěru práce je proveden odhad potenciálních škod v obci Vrdy a následné zhodnocení efektivnosti provedeného protipovodňového opatření v této obci.

.KLÍČOVÁ SLOVA

Riziko, povodeň, protipovodňová opatření, škody, efektivnost protipovodňových opatření

TITLE

Anti-flood measures

ANNOTATION

The bachelor's thesis deals with the characteristics of floods and individual types of anti-flood measures which contribute to a reduction in material damage and human losses during flooding. In conclusion an estimate is made of the potential damage to the municipality Vrdy and a subsequent efficiency assessment of anti-flood measures taken in this village.

KEYWORDS

Risk, flood, anti-flood measures, damages, efficiency of anti-flood measures

OBSAH

ÚVOD	9
1 ZÁKLADNÍ POJMY	11
1.1 NEŽÁDOUCÍ UDÁLOST	11
1.2 HROZBA	12
1.3 ZTRÁTA	12
1.4 RIZIKO	13
1.5 VAROVÁNÍ OBYVATELSTVA	13
1.6 VYROZUMĚNÍ.....	14
1.7 EVAKUACE OBYVATELSTVA	14
2 POVODĚŇ	15
2.1 DRUHY POVODNÍ.....	16
2.1.1 Přírodní povodně.....	17
2.1.2 Zvláštní povodně.....	18
2.2 POVODŇOVÉ STUPNĚ AKTIVITY.....	18
2.3 POVODŇOVÉ ORGÁNY	19
2.4 POVODŇOVÉ ŠKODY.....	20
2.4.1 Ekologické škody	20
2.4.2 Ekonomické škody.....	21
3 OPATŘENÍ K OCHRANĚ PŘED POVODŇEMI.....	22
3.1 PRÁVNÍ PŘEDPISY K PODPOŘE A ZLEPŠENÍ PREVENCE PŘED POVODŇEMI	22
3.2 STRATEGIE OCHRANY PŘED POVODŇEMI NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY	22
3.3 DRUHY OPATŘENÍ	23
3.4 PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ.....	24
3.4.1 Povodňové plány.....	24
3.4.2 Povodňové prohlídky.....	24
3.4.3 Předpovědní a hlásná služba	25
3.4.4 Technická příprava protipovodňové ochrany.....	26
3.4.5 Stanovení záplavových území	26
3.5 OPATŘENÍ PŘI NEBEZPEČÍ POVODŇE.....	26
3.5.1 Řízené ovlivňování odtokových poměrů.....	26
3.5.2 Povodňové zabezpečovací práce	27
3.5.3 Povodňové záchranné práce.....	27
3.6 OPATŘENÍ PO POVODNI	28
4 MOBILNÍ PROTIPOVODŇOVÉ SYSTÉMY.....	29
4.1 PROTIPOVODŇOVÉ HRÁZE Z PYTLŮ S PÍSKEM.....	29
4.1.1 Klasické pytle.....	29
4.1.2 Tandemové pytle.....	32
4.1.3 Další možnosti použití pytlů s pískem	32
4.2 PRYŽOTEXTILNÍ VAKY	32
4.3 DALŠÍ DRUHY MOBILNÍCH PROTIPOVODŇOVÝCH SYSTÉMŮ.....	33
4.3.1 Hrazení plněná vodou nebo inertními materiály	34
4.3.2 Bariéry z ohýbaných profilů	34
4.3.3 Prefabrikované betonové zábrany	34
4.3.4 Systém hlinkových hradidlových profilů.....	34
5 POVODŇĚ V ČESKÉ REPUBLICE	35
5.1 PŘÍČINY POVODNÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY.....	36
6 ANALÝZA EFEKTIVNOSTI PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ.....	38
6.1 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	38
6.2 POVODŇĚ NA ŘECE DOUBRAVĚ.....	41
6.3 PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ VE VRDECH.....	43
6.4 ODHAD POTENCIÁLNÍCH POVODŇOVÝCH ŠKOD	44
6.4.1 Škody na stavebních objektech	45

6.4.2	Škody na vybavenosti objektů pro bydlení a objektů občanské vybavenosti.....	48
6.4.3	Škody na pozemních komunikacích.....	50
6.4.4	Škody na mostech.....	51
6.4.5	Škody na sportovních plochách.....	53
6.4.6	Škody v zemědělství.....	55
6.4.7	Škody v průmyslu.....	56
6.4.8	Škody na inženýrských sítích.....	57
6.4.9	Celkové škody.....	58
6.4.1	Škody po realizaci PPO.....	60
6.5	URČENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ.....	60
6.5.1	Riziko.....	61
6.5.2	Čistá současná hodnota.....	62
6.6	VÝSLEDEK ANALÝZY EFEKTIVNOSTI PPO V OBCI VRDY.....	65
ZÁVĚR.....		66
POUŽITÁ LITERATURA.....		68
POUŽITÁ DATA A SOFTWARE.....		72
SEZNAM PŘÍLOH.....		73

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Povodňové škody v ČR (1997-2010)	36
Tabulka 2: Hodnoty n-letých průtoků na hlásných profilech v [m ³ /s]	41
Tabulka 3: Historické povodně na řece Doubravě	41
Tabulka 4: Povodně v obci Vrды	42
Tabulka 5: Poškození budov v závislosti na hloubce zaplavení.....	46
Tabulka 6: Cenové ukazatele budov	46
Tabulka 7: Zasažené objekty v obci Vrды při Q _N podle hloubky zaplavení	47
Tabulka 8: Škody na stavebních objektech v obci Vrды při Q _N	47
Tabulka 9: Poměr zastoupení objektů a jejich poškození v obci Vrды	48
Tabulka 10: Stanovení jednotkové škody pro vybavení budov.....	49
Tabulka 11: Zasažené bytové jednotky při Q _N v obci Vrды s h _{min} ≤ 0,5.....	50
Tabulka 12: Škody na vybavenosti objektů v obci Vrды při Q _N	50
Tabulka 13: Zasažené pozemní komunikace v obci Vrды při Q _N	51
Tabulka 14: Cenové ukazatele a míra poškození pozemních komunikací	51
Tabulka 15: Škody na pozemních komunikacích v obci Vrды při Q _N	51
Tabulka 16: Cenové ukazatele a míra poškození mostů.....	52
Tabulka 17: Hodnoty redukčního koeficientu rk.....	52
Tabulka 18: Zasažené mosty v obci Vrды při Q _N	53
Tabulka 19: Škody na mostech v obci Vrды při Q _N	53
Tabulka 20: Zasažené sportovní plochy v obci Vrды při Q _N	54
Tabulka 21: Cenové ukazatele a míra poškození sportovních ploch.....	54
Tabulka 22: Škody na sportovních plochách v obci Vrды při Q _N	54
Tabulka 23: Zasažené zemědělské plochy v obci Vrды při Q _N	55
Tabulka 24: Cenové ukazatele a míra poškození zemědělských plodin	55
Tabulka 25: Škody na zemědělských plochách v obci Vrды při Q _N	56
Tabulka 26: Cenové ukazatele a míra poškození průmyslových objektů	56
Tabulka 27: Zasažené průmyslové objekty v obci Vrды při Q _N	57
Tabulka 28: Škody v průmyslu v obci Vrды při Q _N	57
Tabulka 29: Cenové ukazatele a míra poškození inženýrských sítí	57
Tabulka 30: Škody na inženýrských sítích v obci Vrды při Q _N	58
Tabulka 31: Celkové škody v obci Vrды při Q _N	58
Tabulka 32: Celkové škody v obci Vrды při Q _N	60
Tabulka 33: Výše škod při Q _N nutná pro výpočet rizika před realizací PPO	61
Tabulka 34: Výše škod při Q _N nutná pro výpočet rizika po realizaci PPO	62
Tabulka 35: Výpočet doby návratnosti investice	64

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Průběh povodně	16
Obrázek 2: Schéma rozdělení povodní	18
Obrázek 3: Jednořadé kladení pytlů	30
Obrázek 4: Víceřadé kladení pytlů	31
Obrázek 5: Kombinované víceřadé kladení pytlů	31
Obrázek 6: Graf příčiny povodní na území ČR 1991-2012.....	37
Obrázek 7: Graf výskytu povodní v ČR v letech 1991 – 2012.....	37
Obrázek 8: Říční síť Doubravy	39
Obrázek 9: Přehrada Pařížov	40
Obrázek 10: Přehrada Pařížov	40
Obrázek 11: Příčiny povodní na řece Doubravě.....	42
Obrázek 12: Celkové škody v obci Vrды	59

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ČR	Česká republika
ČSH	Čistá současná hodnota
ČSÚ	Český statistický úřad
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
FES	Fakulta ekonomicko-správní
HZS	Hasičský záchranný sbor
IZS	Integrovaný záchranný systém
JKSO	Jednotná klasifikace stavebních objektů
MU	Mimořádná událost
PLA	Povodí Labe
PPO	Protipovodňová opatření
QN	N-letý průtok
Q ₅	pětiletá povodeň
Q ₂₀	dvacetiletá povodeň
Q ₁₀₀	stoletá povodeň
Sb.	Sbírka zákonů
s. p.	státní podnik

ÚVOD

Pod slovy povodně a záplava si snad každý člověk v dnešní době představí živelní pohromu, která páchá vysoké škody na majetku, zdraví a životech lidí. Ale dříve tomu tak nebylo. V dobách starověkého Egypta a Mezopotámie byly záplavy žádanou podmínkou k dobrému zemědělství, kdy na velikost úrody měla velký vliv právě velikost záplavy. Ale od 20. století se povodně a záplavy staly negativním fenoménem. V dnešní době jsou povodně velmi častým jevem. Napáchaly už vysoké škody na majetku a bohužel ani lidské životy nebyly ušetřeny.

Povodně vznikají vylitím vody z koryt řek a vodních nádrží většinou po nadměrných a dlouhotrvajících srážkách. Proč ale mají povodně tak negativní dopady až v posledních letech? Velkou zásluhu má na tom sám člověk, který si přeměnil krajinu k obrazu svému. Vykácel lesy kvůli orné půdě pro zemědělství, přičemž lesy dokázaly pojmout vysoké množství vody a zabránit tak snadnému rozlívání vody mimo koryta. Dále narovnal a reguloval koryta řek, což má za následek zrychlení toku vody v korytu a tím i zvýšení šance na rozlívání vody mimo koryto řeky. V místech kde se dříve přirozeně rozlévala řeka, už dnes v některých případech stojí domy, které také zvyšují účinek povodní. Člověku tedy nezbyvá nic jiného než se pokusit o vrácení krajiny do původního stavu a zamezit tak vzniku povodní a především se zaměřit na protipovodňová opatření, která dokážou zmírnit škody.

Cílem této práce je analýza ekonomické efektivnosti protipovodňového opatření, která je v dnešní době jednou z nejdůležitějších rozhodovacích aspektů při výstavbě protipovodňových opatření.

Ke splnění cíle práce je nutné nejprve vymezit samotný pojem povodeň od velmi často zaměňovaného pojmu záplava. Dále je také nutné si uvědomit, že každá povodeň nemá stejný průběh. Liší se od sebe velikostí kulminačního průtoku, kdy z hodnot kulminačních průtoků při jednotlivých povodních se stanovuje N-letý průtok, který je v daném měrném profilu dosažen nebo překročen průměrně jednou za N-let. V této práci jsou také podrobně popsány jednotlivá preventivní opatření, opatření při nebezpečí povodně a v době povodně a také opatření po povodni. Dále se práce zabývá mobilními protipovodňovými systémy, především protipovodňovými hrázemi z pytlů s pískem, které jsou v České republice nejrozšířenější.

V neposlední řadě je nutná charakteristika metodiky ztrátových křivek, která slouží k určení potenciálních povodňových škod v jednotlivých kategoriích majetku pro N-leté průtoky. Ztrátové křivky vycházejí z pořizovacích cen jednotlivých posuzovaných kategorií

objektů a dále ze ztrátových funkcí vytvořených detailním rozbořením působení povodně na jednotlivé kategorie objektů. Každá ztrátová funkce je vyjádřena v určitém intervalu poškození pomocí horní a dolní meze. Ztrátové křivky se dělí na závislé na hloubce zaplavení, kam patří stavební objekty a vybavenost. A také na nezávislé na hloubce zaplavení, kam se řadí např. zemědělské plochy, silnice aj. [53]

Odhad potenciálních škod v zájmovém území pro jednotlivé N-leté průtoky slouží jako podklad pro posouzení ekonomické efektivity protipovodňového opatření v zájmovém území, kde ekonomická efektivity investice je posuzována pomocí doby návratnosti investice, poměrového a absolutního ukazatele.

1 ZÁKLADNÍ POJMY

V této kapitole budou vymezeny některé důležité pojmy, které jsou nezbytné pro dosažení cíle této práce.

1.1 Nežádoucí událost

Nežádoucí událost nastává ve chvíli kdy se životy, naše činnosti a prostředí nevyvíjejí tak, jak bychom si přáli. Mnohdy se vyvíjejí nežádoucím způsobem a vznikají při nich nežádoucí jevy, situace či události [47].

Nežádoucí události podle výsledku členíme do dvou skupin. První skupinou jsou nežádoucí výsledky aktivit. Jsou to výsledky aktivit, které realizujeme a mohou mít výsledky kladné i záporné a jsou vždy způsobeny lidským konáním, tzn. jsou antropogenní. Druhou skupinou jsou mimořádné události (dále jen MU), které mají pouze negativní výsledek. Jedná se o [24]: *„škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.“*

Zákon 239/2000 Sb. o Integrovaném záchranném systému vymezuje mimořádnou událost, jako [56]: *„škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.“*

Mimořádné události jsou členěny [44]:

podle původu na:

- přírodní (zemětřesení, povodně, hromadné nákazy),
- antropogenní (provozní havárie, nehody, terorismus),
- smíšené (změna podnebí vlivem produkce skleníkových plynů).

Podle rychlosti vzniku na:

- na skokové (vteřiny a minuty),
- krátkodobé (hodiny),
- střednědobé (dny),
- dlouhodobé (měsíce a dny).

Podle velikosti postiženého území na:

- lokální (místní, nepřesahující hranice obce),
- regionální (oblastní, nepřesahující hranice kraje),
- celostátní (postižení celého území státu),
- globální (dopad na více států).

1.2 Hrozba

Pojem hrozba je jedním z klíčových slov bezpečnostní terminologie a jedná se o [34]: „*jakýkoliv fenomén, který má potenciální schopnost poškodit zájmy a hodnoty chráněné státem. Míra hrozby je dána velikostí možné škody a časovou vzdáleností (vyjádřenou obvykle pravděpodobností čili rizikem) možného uplatnění této hrozby.*“ Další možnou definicí je [45]: „*hrozba je síla, událost, aktivita nebo osoba, která má nežádoucí vliv na bezpečnost nebo může způsobit škodu.*“

Hrozbou může být prakticky cokoli, např. přírodní jev, kriminální aktivita, makroekonomické vlivy, politické vlivy apod. Hrozba, která je značena písmenem T , může být charakterizována různým způsobem, obecně je funkcí [45]:

$$\mathbf{T} = \mathbf{f}(\mathbf{I}, \mathbf{p}, \mathbf{t}, \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n) \quad (1)$$

kde: I – intenzita účinku v místě vzniku (potenciální),

p – pravděpodobnost vzniku,

t – čas,

x_1 až x_n – další ukazatele či faktory.

Je důležité rozlišovat odhad budoucí hrozby, která je potenciální od hrozby reální, kterou zjistíme až po jejím vzniku. Ve většině případů hrozba nepůsobí samostatně, ale vyvolává další hrozby, tzv. interakci hrozeb. Např. povodně jsou velmi často doprovázeny rabováním opuštěné zástavby, rozkrádáním humanitární pomoci apod. [46]

1.3 Ztráta

Na konci každé nežádoucí události je ztráta, která může být potenciální, tj. očekávaná v budoucnosti, a reálná, která nastává po aktivaci hrozby. Nositelem ztráty je vždy objekt (např. budova, povodí řeky, obec) nebo subjekt (osoby, právní subjekty). Ztrátou mohou být

např. ztráty na životech, zatopená plocha, rozsah poškození apod. Ve všech případech je důležité finanční vyjádření škody [46].

1.4 Riziko

Na území ČR existuje trvalé riziko vzniku MU a krizových situací, které jsou způsobeny působením škodlivých a ničivých faktorů, přírodních živlů nebo technologických zařízení.

Jednou z možných definic rizika je [33]: „*možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí. Riziko je vždy odvoditelné a odvozené z konkrétní hrozby. Míru rizika, tedy pravděpodobnost škodlivých následků vyplývajících z hrozby a ze zranitelnosti zájmu, je možno posoudit na základě tzv. analýzy rizik, která vychází i z posouzení naší připravenosti hrozbám čelit.*“

Riziko se vždy stahuje k určitému objektu, který je ohrožen, respektive k chráněnému aktivu. Riziko může být vyjádřeno např. velikostí škody či ztráty, pravděpodobností vzniku škody atd. Riziko je vyjádřeno funkcí [46]:

$$\mathbf{R} = \mathbf{f}(\mathbf{Z}, \mathbf{p}, \mathbf{t}, \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n) \quad (2)$$

kde: Z – ztráta,

p – pravděpodobnost,

t – čas,

x – další faktory.

Nejčastěji se však používá zjednodušeně součin pravděpodobnosti vzniku škody a velikosti ztráty, tedy [46]:

$$\mathbf{R} = \mathbf{p} \cdot \mathbf{Z} \quad (3)$$

1.5 Varování obyvatelstva

Provedení včasného varování a vyrozumění obyvatelstva je jedním ze základních předpokladů pro včasné zahájení a úspěšnou realizaci opatření, která směřují k bezprostřední ochraně zdraví a životů ohrožených obyvatel v případě, že nastala MU. Varování obyvatelstva zajišťují v obcích obecní úřady a v krajích i ve vybraných obcích hasičský záchranný sbor (dále jen HZS) kraje, který k tomuto účelu provozuje jednotný systém varování a vyrozumění,

který je v ČR od roku 1991. Využívají se rotační sirény, elektronické sirény, obecní rozhlas ale také i tzv. mluvící sirény (rozhlas, televize) [50], [51].

Obyvatelstvo je v případě hrozby nebo vzniku MU varováno prostřednictvím varovného signálu „**Všeobecná výstraha**“, který je vyhlášen kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin a může zaznít třikrát po sobě ve zhruba třiminutových intervalech. Po tomto signálu bezprostředně následuje mluvená tísňová, která obsahuje důležité údaje o bezprostředním nebezpečí vzniku nebo již nastalé MU a opatření k ochraně obyvatelstva [51].

Dalším signálem je „**Požární poplach**“, který není varovným signálem, ale slouží pouze ke svolání jednotek požární ochrany. Je vyhlášen přerušovaným tónem sirény po dobu 1 minuty [51].

Posledním signálem je „**Akustická zkouška sirén**“, která probíhá každou první středu v měsíci ve 12 hodin. Jedná se o nepřerušovaný tón po dobu 140 vteřin [51].

1.6 Vyrozumění

Při hrozící nebo nastalé MU nebo krizové situaci je nutné zabezpečit vyrozumění složek Integrovaného záchranného systému (dále jen IZS) a jejich příslušníků, orgánů státní správy a územní samosprávy a dalších orgánů a institucí v potřebném rozsahu [46].

Definice vyrozumění [1]: „*Vyrozumění je komplexní souhrn organizačních, technických a provozních opatření zabezpečujících včasné předání varovné informace o reálně hrozící nebo již vzniklé mimořádné události orgánům krizového řízení, orgánům státní správy a samosprávy, právníkům osobám a podnikajícím osobám podle havarijních nebo krizových plánů.*“

1.7 Evakuace obyvatelstva

Jedním ze základních způsobů ochrany obyvatelstva je evakuace. Evakuace je souhrnem opatření zabezpečujících přemístění osob, hospodářského zvířectva a věcných prostředků v daném pořadí priority, z ohroženého prostoru na jiné území.

Definice evakuace [10]: „*Evakuace z ohrožených prostorů se vztahuje na všechny osoby v místě ohrožení MU, s výjimkou osob, které se budou podílet na záchranných pracích, na řízení evakuace nebo budou vykonávat v ohroženém prostoru jinou neodkladnou činnost.*“

2 POVODEŇ

V této kapitole si vymezení některé důležité pojmy, které jsou nezbytné pro dosažení cíle této práce. Mezi tyto pojmy patří povodeň a její druhy, záplava, povodňové stupně aktivity, povodňové orgány a druhy povodňových škod.

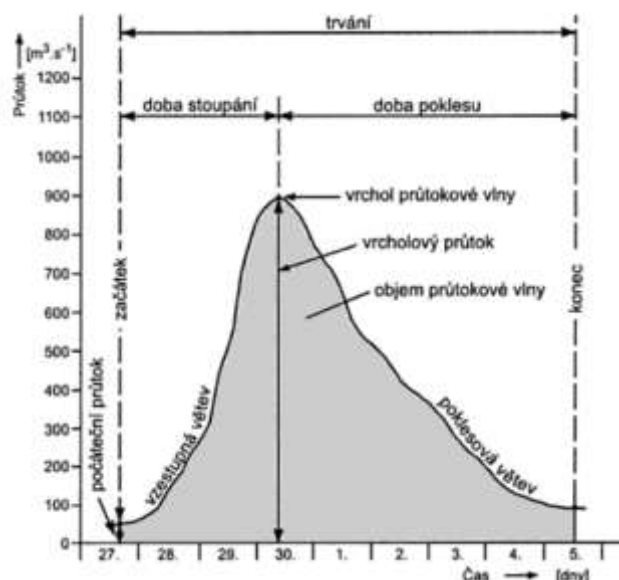
Povodně jsou v České republice nejčastěji vyskytující se přírodní katastrofou. Ty jsou doprovázeny ztrátami na životech, majetku, infrastruktuře a životním prostředí. Velké povodně z minulých let nám důrazně připomněly, že je velice nezbytné věnovat povodním a ochraně před nimi velkou pozornost [22].

Definice povodně [57]: *„Povodeň je přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod.“*

Dále lze povodně definovat jako [11]: *„Výsledek komplexního působení přírodních faktorů, a to meteorologických (např. srážky), fyzickogeografických (např. vlastnosti povrchu) a antropogenních (např. změny ve využití ploch). Ty pak výrazně ovlivňují časovou a prostorovou variabilitu četnosti výskytu povodní, jejich extremitu, velikost a rozsah dopadů.“*

Zatímco povodeň vzniká vylitím vody jak z přirozených tak i umělých břehů, k záplavě dochází nejrůznějšími způsoby. Nejčastější příčinou jsou dlouhotrvající vydatné deště, průtrže mračen nebo prudké oteplení, které má za následek tání sněhu. Voda zaplavuje území, které postrádá přirozený odtok a vytváří vodní plochy s klidnou hladinou. Záplava nemusí mít ani katastrofální povahu a rozsah jako povodeň [4].

Základní charakteristikou povodně je průtoková vlna, která představuje přechodné zvýšení a poté následný pokles hladiny řeky. Tvar povodně je možné vyjádřit hodnotami průtoků vody, které určují počátek, vyvrcholení a ukončení povodně. Za počátek povodňové vlny se pokládá okamžik (den nebo hodina), od něhož nastalo výrazné a rychlé zvětšování průtoků (vzestupná větev průtokové vlny). Vrcholový průtok odpovídá kulminaci povodně. Poté dochází k rychlému poklesu, který poté přechází v mírnější pokles. Vymezení doby ukončení povodně je obtížné, často se totiž stává, že jedna povodeň přechází v druhou. Trvání povodně je dáno časovým úsekem mezi počátkem a ukončením povodně. Směrem po toku setrvání často zvětšuje, neboť povodeň se zplošťuje [55].



Obrázek 1: Průběh povodně

Zdroj: [55]

Důležitou vlastností povodňových vln je rychlost průběhu, která je důležitá po předpověď jejich vývoje. „Určuje se z doby, za kterou povodeň proběhne mezi dvěma vodoměrnými stanicemi. Doba se určí z rozdílu mezi časem kulminačního průtoku v obou stanicích. Rychlost je pak podílem délky toku mezi oběma stanicemi a doby a udává se v km/hod. Na téžte toku bývají rychlosti každé povodňové vlny rozdílné, protože podmínky pro jejich tvoření odtokem vody z povodí, pohybem v korytě či inundací se v průběhu roku mění.“ [55]

Z hodnot kulminačních průtoků při jednotlivých povodních se pak stanovuje N-letý průtok (dále jen Q_N), který je v daném měrném profilu dosažen nebo překročen průměrně jednou za N-let. Je-li např. v určitém profilu průtok $Q_{100} = 230 \text{ m}^3/\text{s}$ znamená to, že v průměru jednou za sto let bude tento kulminační průtok dosažen nebo překročen. Ve skutečnosti se ale tento průtok může vyskytnout i vícekrát než jednou za sto let [55].

Zbylá část práce bude pojednávat o pětileté povodni (dále jen Q_5), o dvacetileté povodni (dále jen Q_{20}) a stoleté povodni (dále jen Q_{100}).

2.1 Druhy povodní

Povodeň může být způsobena přírodními jevy, a to především dešťovými srážkami, táním sněhu nebo také ledovými jevy. Další příčinou povodní mohou být umělé vlivy, které poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii.

2.1.1 Přírozené povodně

Přírozené povodně jsou především způsobeny přírodními jevy, např. táním, dešťovými srážkami, sesuvem půdy do vodní nádrže ale i vlnami tsunami.

Přírozené povodně se dělí dle [17]:

1) Jarní a zimní povodně

Jedná se o nejčastější druh povodní, které jsou způsobené především kvůli prudkému oteplení, což má za důsledek tání sněhu, převážně v kombinaci s dešťovými srážky. V období od prosince až do dubna je toto riziko vysoké. Tyto povodně se vyskytují nejvíce na podhorských tocích a projevují se dále i v nížinných úsecích velkých toků.

2) Letní povodně způsobené dlouhotrvajícími regionálními dešti

Zasahují většinou menší území a vyvolávají vznik povodní velkého rozsahu na regionální úrovni. Vyskytují se obvykle na všech tocích v zasaženém území, s výraznými důsledky na středních a větších tocích.

3) Letní povodně způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity

Tyto povodně zasahují poměrně malá území. V případě kdy naprší přes 100 mm za několik málo hodin, je riziko vzniku povodně vysoké. Mohou se vyskytovat kdekoli na malých tocích.

4) Zimní povodňové situace způsobené ledovými jevy

Tento druh povodní není vyvolán vysokým průtokem vody, ale ledem v korytě, který výrazně snižuje průtočnou kapacitu koryta a především zvyšuje hladinu vody.

Dále se mohou povodně dělit [22]:

5) Bleskové povodně

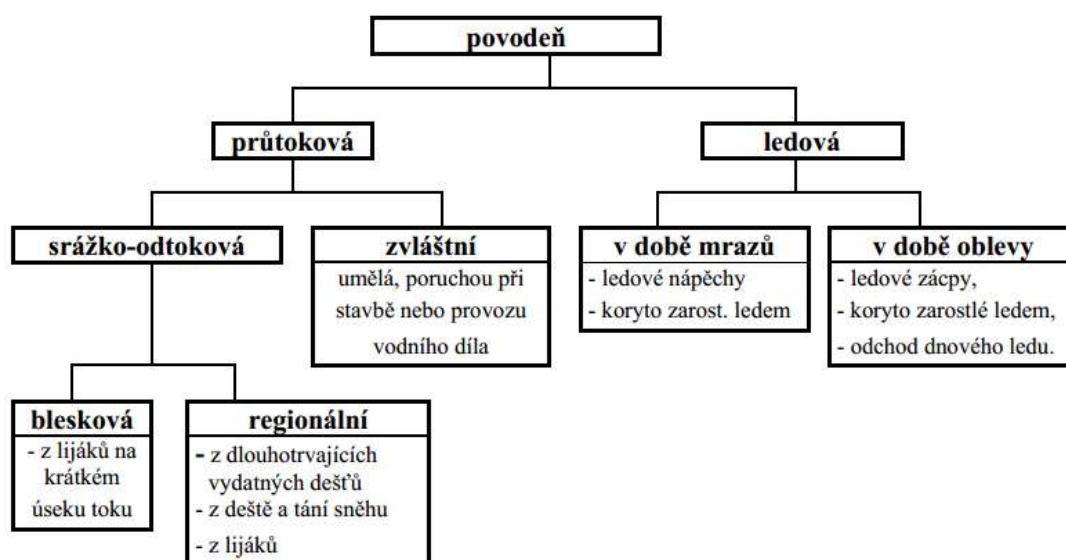
Tyto povodně jsou vyvolány lijáky (přívalovými dešti) a vyskytují se na malých a středních tocích. Přichází náhle a vyznačují se mimořádně prudkým vzestupem vodní hladiny, vysokou kulminací a následným rychlým poklesem průtoku. Délka trvání je přibližně několik hodin.

6) Regionální povodně

Tento druh povodní se vyskytuje především na středních a velkých povodích. Jedná se o povodně, které jsou způsobeny buď táním sněhu při současném dešti nebo vydatnými dlouhotrvajícími dešti.

2.1.2 Zvláštní povodně

Zvláštní povodně jsou povodně způsobené umělými vlivy, tj. situacemi, které mohou nastat při stavbě nebo provozu vodohospodářských děl. Jedná především o porušení hráze (např. protržení) anebo o nouzové řešení kritické situace na vodním díle (např. vypouštění vody z nádrže). Tyto případy se často pojí s výskytem přirozených povodní v daném území. Jedná se většinou o zemní hráze malých nádrží a rybníků, jejichž výpustné a přelivné objekty nejsou dostatečně kapacitní pro bezpečné převedení přítoku do nádrže [17].



Obrázek 2: Schéma rozdělení povodní

Zdroj: [22]

2.2 Povodňové stupně aktivity

Rozsah opatření, která jsou prováděna při řízení ochrany před povodněmi, jsou řízena nebezpečím nebo vývojem povodňové situace, která se vyjádří třemi stupni povodňové aktivity [49].

„Stupeň povodňové aktivity je jednoduché číselné označení situace z hlediska míry ohrožení obyvatelstva a jeho majetku možnou či právě probíhající povodní. V současné době definuje platný zákon tři stupně povodňové aktivity.“ [36]

Tyto stupně jsou vázány na směrodatné limity (např. vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na tocích) nebo na mezní či kritické hodnoty jiného jevu (denní úhrn srážek, hladina vody v nádrži, chod ledu, mezní nebo kritické hodnoty sledovaných jevů z hlediska bezpečnosti vodního díla apod.) [49].

1) 1. stupeň povodňové aktivity – stav bdělosti

Nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká v případě, kdy pominou příčiny takového nebezpečí. Tento stupeň vyžaduje zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí a je zahájena hlásná a hlídková služba. Na vodních dílech se tento stupeň vyhláší při dosažení mezních bezpečnostních hodnot a skutečností z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností, jež by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně [16].

2) 2. stupeň povodňové aktivity – stav pohotovosti

Je vyhlášen příslušným povodňovým orgánem v případě, přerůstá-li nebezpečí v povodeň, při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti, anebo při mimořádných okolnostech, které by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně. Jsou aktivovány povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, jsou uváděny do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce a provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně [16].

3) 3. stupeň povodňové aktivity – stav ohrožení

„Je vyhlášen příslušným povodňovým orgánem při nebezpečí vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů, zdraví a majetků v zaplaveném území. Dále při dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti současně se zahájím nouzových opatření.“ [49] Jsou prováděny zabezpečovací a podle potřeby záchranné práce či evakuace.

„Povodeň začíná vyhlášením druhého nebo třetího stupně povodňové aktivity a končí odvoláním třetího stupně povodňové aktivity, není-li v době odvolání třetího stupně povodňové aktivity vyhlášen druhý stupeň povodňové aktivity. V tom případě končí povodeň odvoláním druhého stupně povodňové aktivity.“ [57]

2.3 Povodňové orgány

Povodňové orgány zabezpečují řízení ochrany před povodněmi, která spočívá v přípravě na povodňové situace, řízení, organizaci a kontrole všech činností jak už v průběhu povodně tak i v období bezprostředně po povodni. Tyto orgány se při své činnosti musí řídit povodňovými plány [30].

V době mimo povodeň jsou povodňovými orgány např. orgány obcí a měst, obecní úřady s rozšířenou působností, krajské úřady, Ministerstvo vnitra atd. Zatímco po dobu povodně

jsou povodňovými orgány povodňové komise obcí, povodňové komise obcí s rozšířenou působností a povodňové komise. Činí opatření a vydávají příkazy k zabezpečení řízení ochrany před povodněmi [30].

2.4 Povodňové škody

Povodňová škoda je vše negativní, co způsobí povodňová událost. Jedná se především o škodu na majetku obyvatel, podniků, státu a dále o škody v zemědělství nebo lesnictví. Bohužel povodně mají velký vliv i na životy a zdraví lidí, jak po fyzické tak i po psychické stránce [5].

Obecné členění povodňových škod zahrnuje ztráty na lidských životech, ekonomické škody a ekologické škody. Každou skupinu je vyjádřena v jiných jednotkách. Mezi dva nejdůležitější ukazatele jsou řazeny objem ekonomických škod vyjádřených v peněžních jednotkách a počet lidských obětí, pomocí nichž se hodnotí rozsah a závažnost povodňové události. V případě mezinárodního srovnání jsou tyto dva ukazatele doplněny o počet evakuovaných obyvatel a o rozlohu zasaženého území. Dále můžeme škody dělit na přímé a nepřímé [5].

Konečná výše povodňových škod je ovlivňována řadou faktorů, z nichž nejdůležitější jsou zejména [5]:

- průběh povodně,
- včasná informovanost o povodňovém nebezpečí (předpovědní a hlásná služba),
- operativní řízení vodohospodářských procesů v době trvání povodně,
- připravenost a úroveň prováděných opatření na ochranu před povodněmi,
- kapacita a stav vodních toků,
- způsob zástavby a využívání záplavového území,
- schopnost krajiny zadržovat vodu aj.

2.4.1 Ekologické škody

Ekologické škody jsou škody, které povodeň způsobila na životním prostředí. „*Jelikož však povodeň sama o sobě nemůže životní prostředí poškodit, jedná se vždy o ocenitelné ekologické škody určené k nápravě, na které je nutné vynaložit konkrétní finanční prostředky.*“ [5]

Může se jednat např. o úniky škodlivých látek z chemických závodů či jiných průmyslových provozů, které se mohou usazovat v naplaveninách a v různé podobě

ovlivňovat ekosystémy ještě dlouho po povodni. Je velice obtížné tyto látky identifikovat, natož ocenit jejich negativní důsledky na životní prostředí [5].

2.4.2 Ekonomické škody

Při stanovování výše ekonomických škod je důležité, aby se metodika stanovování škod významným způsobem neměnila kvůli schopnosti porovnávání vývoje celkových ekonomických škod způsobených povodněmi. Porovnáváním ekonomických škod v jednotlivých letech zjišťujeme úspěšnost realizovaných protipovodňových opatření dané země, regionů či konkrétního území [5].

Celkový objem vyčíslených ekonomických škod můžeme dále klasifikovat podle několika kritérií [5]:

1) **Podle vlastnictví poškozeného majetku** rozlišujeme:

- škody na veřejném majetku státu nebo územních samospráv,
- škody na soukromém majetku (občanů nebo firem).

2) **Podle typu majetku** klasifikujeme škody na:

- budovy, haly, stavby,
- stroje a zařízení, dopravní prostředky a inventář,
- jiné stavby,
- bytové domy a rodinné domy poškozené (vhodné k opravám),
- inženýrské stavby a sítě,
- vodní toky,
- bytové domy a rodinné domy zcela zničené (určené k demolici),
- trvalé kultury a rostlinná zemědělská produkce,
- náklady na řešení ekologických škod,
- jiné škody.

3) **Podle místa vzniku** (dříve podle okresů, dnes podle obcí a krajů).

3 OPATŘENÍ K OCHRANĚ PŘED POVODNĚMI

V této kapitole budou vymezeny důležité právní předpisy k podpoře a zlepšení prevence před povodněmi, dále strategie ochrany před povodněmi na území ČR a druhy opatření proti povodním.

3.1 Právní předpisy k podpoře a zlepšení prevence před povodněmi

Ochrana před povodněmi je upravena řadou zákonů a vyhláškami ministerstev. Níže je uveden stručný výčet těch nejdůležitějších [35]:

- zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v aktuálním znění;
- zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon);
- zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů;
- zákon č. 238/2000 Sb. o Hasičském záchranném sboru ČR a změně některých zákonů;
- vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb. o způsobu a rozsahu zpracování návrhu na stanovení záplavových území;
- vyhláška Ministerstva zemědělství č. 142/2005 Sb. o plánování v oblasti vod;
- jednací řád Ústřední povodňové komise České republiky.

3.2 Strategie ochrany před povodněmi na území České republiky

V roce 2000 Vláda České republiky (dále jen ČR) schválila Strategii ochrany před povodněmi pro území ČR, která slouží jako základní dokument při přípravě a realizaci protipovodňových opatření. Jsou zde obsaženy zásady, jak zkvalitnit prevenci před povodňovými škodami a rovněž rozvoj protipovodňových opatření podél vodních toků.

Strategie ochrany před povodněmi pro území ČR zahrnuje [35]:

- Program prevence před povodněmi (Ministerstvo zemědělství ČR);
- Program podpory prevence v územích ohrožených nepříznivými klimatickými vlivy (Ministerstvo životního prostředí ČR);
- Program k zajištění dopravních objektů (Ministerstvo dopravy ČR);

- Program k zajištění komunikačních vazeb (Ministerstvo informatiky ČR). Tento program byl následně převeden do standardní činnosti tohoto ministerstva).

Program prevence před povodněmi se skládá ze tří etap [2]:

I. etapa 2002 – 2007 („zahájení“)

První etapa byla zaměřena především na území zasažená povodní v roce 1997 (povodí řek Moravy, Odry a povodí horního Labe) a dále na ostatní nejohroženější části území ČR. Hlavním cílem bylo zvýšení možnosti retence vody, zajištění obnovy hrází a zvýšení kapacit koryt. Bylo provedeno 435 menších i velkých protipovodňových staveb, které jsou schopny ochránit 315 tisíc lidí a majetek v hodnotě 240 miliard korun. Tato etapa stála více než 4 miliardy korun.

II. etapa 2007 – 2013 („rozvinutí“)

Druhá etapa má zabezpečit místa, která byla nejvíce postižena povodní v roce 2002. Je zaměřena zejména na technická opatření, která vedou ke zvýšení kapacit říčních koryt. Jsou vystavovány ochranné hráze a poldry a je posilována bezpečnost vodních děl. Do konce roku 2013 má být vystaveno 500 objektů za 11,5 miliardy korun.

III. etapa 2014 – 2020 („retence“)

Pro Českou republiku je velice důležité i nadále pokračovat ve zvyšování protipovodňové ochrany i v dalších letech. Tato etapa je zatím v přípravě a měla by být orientována na retenci podél vodních toků s využitím prostorů k řízeným rozlivům v poldrech včetně úprav v krajině. Předpokládané náklady jsou 12 miliard Kč.

Při realizaci výše uvedených programů je důležité zabezpečit dostatečné množství finančních prostředků, neboť jde o vynaložená efektivní opatření s návratností v úsporách na povodňových škodách.

3.3 Druhy opatření

Model protipovodňové ochrany, který má za cíl snížení potenciálních majetkových škod, členíme na aktivní a pasivní protipovodňová opatření.

Aktivní protipovodňová opatření jsou založena na preventivním přístupu při využívání záplavových území. Cílem těchto aktivit je zajistit optimální rozvoj v záplavových územích a tímž rovněž optimalizovat dopad povodňových škod na národní hospodářství. Znamená to, že tato opatření řeší problém škod pomocí principu individuální odpovědnosti [41].

„Pasivní protipovodňová opatření jsou přijímána k ochraně majetku, který byl v záplavovém území již umístěn. Jsou přijímána na ochranu majetku obyvatel, kteří se již v záplavovém území usídlili – tj. dobrovolně se rozhodli nést riziko. Významný rozdíl oproti aktivním protipovodňovým opatřením je ten, že na realizaci pasivních opatření je potřeba vynaložit dodatečné (soukromé či veřejné) prostředky.“ [41]

Protipovodňová opatření lze také rozdělit na technická a netechnická opatření. Mezi technická opatření řadíme zkapacitňování koryt, jejich stabilizace (opevňování), výstavba ochranných hrází, retenční nádrže a inženýrská a inženýrsko-biologická opatření ke snížení eroze a zvýšení retence v povodí. Do netechnických opatření patří především definování záplavových zón a jejich právní zajištění, předpovědní a varovné systémy, výchova veřejnosti k odpovědnému chování při povodňových rizikových situacích [41].

Opatření můžeme dělit na preventivní opatření, opatření při nebezpečí povodně a v době povodně a také opatření po povodni.

3.4 Preventivní opatření

Do preventivního opatření patří povodňové plány, povodňové prohlídky, předpovědní a hlásná služba, technická příprava protipovodňové ochrany a stanovení záplavových území.

3.4.1 Povodňové plány

Preventivní opatření je především tvořeno kvalitně zpracovaným povodňovým plánem, který musí být zpracovaný na všech potřebných úrovních, tzn. povodňové plány obcí, povodňové plány okresů, povodňové plány ucelených povodí a Povodňový plán České republiky.

Každý povodňový plán musí obsahovat směrodatné limity pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity, údaje potřebné pro zajištění ochrany před povodněmi a dále jmenné seznamy, adresy a způsob spojení účastníků ochrany před povodněmi a úkoly pro jednotlivé účastníky včetně organizace hlásné a hlídkové služby. Nezbytnou součástí jsou také mapy nebo plány, ve kterých jsou zakresleny zátopová území, evakuační trasy a místa soustředění, hlásné profily a informační místa [27].

3.4.2 Povodňové prohlídky

Povodňové prohlídky jsou organizovány a prováděny povodňovými orgány nejméně jednou ročně, zejména před obdobím jarního tání nebo letních přívalových dešťů. V případě

zjištění, že v korytě vodního toku jsou předměty nebo zařízení, které mohou způsobit zhoršení odtokových poměrů či úplné ucpání koryta vodního toku, se snaží o jejich odstranění [27].

3.4.3 Předpovědní a hlásná služba

Předpovědní službu zajišťuje v České republice Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ) ve spolupráci se správci vodohospodářských vodních toků. ČHMÚ informuje povodňové orgány, popřípadě další účastníky ochrany před povodněmi o možnosti vzniku povodně a o dalším nebezpečném vývoji. Dále také podává informace o hydrometeorologických prvcích, jako jsou srážky, vodní stavy a průtoky ve vybraných profilech, které představují potenciální hrozbu pro vznik a vývoj povodně [12].

Hlásnou povodňovou službu zabezpečují povodňové orgány obcí a okresů a podílejí se na ní i ostatní účastníci ochrany před povodněmi. K zabezpečení této služby se využívá hlídková služba. Hlásná povodňová služba zajišťuje informace povodňovým orgánům, pomocí nichž mohou informovat obyvatelstvo v místě očekávané přirozené nebo zvláštní povodně a v místech ležících níže na vodním toku. Dále také informuje o vývoji povodňové situace a předává zprávy a hlášení, která jsou potřebná k jejímu vyhodnocení a k řízení opatření před povodněmi [12].

Hlásný profil je místo na vodním toku, které slouží ke sledování průběhu povodně. Tyto hlásné profily jsou členěny do tří kategorií [14]:

1) Základní hlásné profily (kategorie A)

Jsou vybrané vodoměrné stanice na významných vodních tocích. Informace z těchto profilů jsou nezbytné pro řízení opatření k ochraně před povodněmi na národní úrovni a dále jsou využívány pro předpovědní povodňovou službu. Hlásné profily kategorie A jsou provozované ČHMÚ nebo správci povodí.

2) Doplnkové hlásné profily (kategorie B)

Jedná se o profily, které jsou nezbytné pro řízení opatření k ochraně před povodněmi na krajské či regionální úrovni. Jsou zřizovány krajskými úřady a provozovány jednotlivými obcemi.

3) Pomocné hlásné profily (kategorie C)

Profily, které zřizuje a provozuje pro své potřeby obec nebo vlastníci ohrožených nemovitostí a jsou převážně umístěny na menších vodních tocích.

3.4.4 Technická příprava protipovodňové ochrany

Technická opatření zahrnují nejen opatření, která mají za cíl zpomalit určitým způsobem odtoky z povodí a snížit tak kulminační průtoky níže na tocích, ale i opatření na vodních tocích, která mají za cíl ochránit určité území ve smyslu zmenšení rozlití řeky během povodní. Jedná se například o retenční nádrže, zkapacitňování koryt, jejich stabilizace (opevňování), výstavba ochranných hrází apod. [20]

3.4.5 Stanovení záplavových území

Záplavová území jsou administrativně určená území podél vodních toků a nádrží, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad může uložit správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány hlavních povodí a s plány oblastí povodí [57].

S tímto územím pracuje i územní plán anebo krizový plán při povodních. Ten udává jak daleko od toku a jak vysoko nad normál se může voda dostat. V záplavových oblastech se podle územního plánu nesmí stavět [57].

3.5 Opatření při nebezpečí povodně

Jedná se zejména o činnosti předpovědní a hlásné povodňové služby, varování při nebezpečí povodně způsobené přírodními jevy a umělými vlivy, zřízení a činnost hlídkové služby, evidenční a dokumentační práce a další níže uvedené.

3.5.1 Řízené ovlivňování odtokových poměrů

Pro řízení extrémních situací na vodních tocích a zejména za povodní mají zásadní význam informace ze stanic monitorovaných sítí správců významných vodních toků a ČHMÚ. Jedná se o nezbytný předpoklad optimalizace řízení, zvláště znalost aktuálního stavu ve vývoji hydrologických a meteorologických jevů v povodí (např. intenzita srážek, teplota vzduchu, vodní stavy a průtoky atd.) [31].

„Přenos informací, jejich zpracování a vyhodnocení společně s prognózou meteorologického vývoje vytváří základní podmínky pro kvalitní řízení odtokového režimu, zvláště pak v povodích ovlivňovaných funkcí přehradních nádrží. Do vlastního procesu řízení v současné době vstupují další nové podpory řízení, kterými jsou výstupy ze srážkoodtokových a hydraulických předpovědních modelů. Tyto modely dokážou na základě monitorovaných a

předpovídaných jevů kvantitativně vyhodnocovat srážkoodtokové procesy a na základě toho stanovit prognózu dalšího vývoje průtoků. V současnosti je možno s rozvojem monitorovací sítě aplikovat několik takových modelů pracujících v reálném čase a znázorňujících simulace dějů a prognóz vývoje sledovaných veličin. Výstupy mohou sloužit jak pro řízení manipulací na přehradních nádržích a ovlivňování odtokových procesů, tak pouze k simulaci v místech neovlivněných nádržemi.“ [31]

3.5.2 Povodňové zabezpečovací práce

Povodňové zabezpečovací práce jsou technická opatření, která jsou prováděna při nebezpečí povodně a za povodně a slouží ke zmírnění průběhu povodně a jejích škodlivých následků. Tyto práce zajišťují správci vodních toků a vlastníci dotčených objektů, případně další subjekty podle povodňových plánů nebo na příkaz povodňových orgánů.

Povodňové zabezpečovací práce jsou zejména [57]:

- odstraňování překážek ve vodním toku a v profilu objektů (propustky, mosty) znemožňujících plynulý odtok vody,
- rozrušování ledových nápěchů a zácp ve vodním toku,
- ochrana koryta a břehů proti narušování povodňovým průtokem a zajišťování břehových nádrží,
- opatření proti přelití nebo protržení ochranných hrází,
- opatření proti přelití nebo protržení hrází vodních děl zadržujících vodu,
- provizorní uzavírání protržených hrází,
- instalace protipovodňových zábran,
- opatření proti zpětnému vzduť vody, zejména do kanalizací,
- opatření k omezení znečištění vody,
- opatření zajišťující stabilizaci území před sesuvy.

3.5.3 Povodňové záchranné práce

Povodňové záchranné práce zahrnují jak technická tak organizační opatření, která jsou prováděna za povodně v bezprostředně ohrožených nebo již zaplavených územích, sloužících k záchraně životů a majetku [57].

V případě kdy jsou ohroženy lidské životy, nebo hospodářské zájmy (např. doprava, zásobování, zdravotnictví apod.) jsou tyto práce zajišťovány ve spolupráci se složkami integrovaného záchranného systému [57].

Záchranné práce zahrnují především [37]:

- varování obyvatelstva,
- evakuace obyvatelstva,
- zajištění nouzového přežití obyvatelstva,
- komunikace s veřejností a hromadnými informačními prostředky,
- vyvedení hospodářského zvířectva v souladu s časovými možnostmi,
- vyvezení majetku a techniky v souladu s časovými možnostmi,
- zabezpečení veřejného pořádku a bezpečnosti,
- zdravotnická pomoc zraněným,
- organizace protiepidemických a protiepzootických opatření,
- nakládání s mrtvými.

3.6 Opatření po povodni

Po povodni je důležité zejména zajistit obnovení dodávek pitné vody, elektrické energie, plynu ale také narušených telefonických spojení. V případě, že došlo k zatopení elektrického vedení, smí být provoz obnoven až po provedené revizi. Postupně se pak provádí revitalizace celého zasaženého území včetně odklizovacích a úklidových prací. Dochází k obnově poškozených pozemních komunikací a k odstraňování dalších škod. V některých případech jsou nutná sanační a hygienická opatření, jako jsou např. deratizace a dezinfekce. Je vyčerpána voda ze zaplavených prostor, jsou odstraněny bahnité nánosy a jsou prováděny posudky hygieniků o nezávadnosti zdrojů, případně chemické rozborů [6].

4 MOBILNÍ PROTIPOVODŇOVÉ SYSTÉMY

V této kapitole budou blíže popsány protipovodňové hráze z pytlů s pískem, pryžotextilní vaky a ostatní druhy mobilních protipovodňových systémů.

4.1 Protipovodňové hráze z pytlů s pískem

Tento druh protipovodňového opatření je v České republice nejrozšířenější. Používají se různé druhy pytlů, avšak nejúčinnější hráz, je hráz postavená z tandemových pytlů.

4.1.1 Klasické pytle

Klasické pytle s pískem jsou nejčastějším typem mobilní protipovodňové ochrany, jelikož tyto pytle a písek mohou lidé velice rychle sehnat. I přesto tyto pytle mají mnoho nevýhod. Jedná se zejména o nesnadnou manipulaci, vznik spár a prodražen. I přes nižší cenu pytlů dochází k prodražení, jelikož není plně využito jejich objemu a tak musí být použito více pytlů a samozřejmě i více písku [19].

Nejvhodnějšími pytli jsou pytle užívané v zemědělství o dvou velikostech. Menší typ pytlů o velikosti 40-50 cm na šířku a 60 cm na délku jsou vhodné především na ucpávání malých otvorů. Jejich hmotnost je 20-25 kg. Větší typy pytlů o velikosti 60-70 cm na šířku a 90 cm na délku jsou používány pro stavbu protipovodňových hrází. Jejich hmotnost je 30-50kg [17].

Příprava pytlů

Plnění pytlů lze provádět pomocí násypky přímo z korby nákladního automobilu, čímž se práce stává daleko efektivnější. Množství písku v jednom pytli je dáno dvěma podmínkami:

„Naplněný pytel musí mít hmotnost úměrnou fyzické schopnosti osob manipulujících s břemenem (40-50kg). Pytel musí mít schopnost těsnit ve vazbě s ostatními. Pokud je pytel příliš plný, nemůže se přizpůsobit svým tvarem okolní vazbě a hráz netěsní. Pokud je pytel příliš prázdný, svou funkci sice plní, ale je zbytečně velká spotřeba. Pytle se v praxi plní přibližně do jedné poloviny.“ [19]

Stavba protipovodňových hrází

Způsob kladení pytlů je dán výškou hráze a způsobem uspořádání, které může být jednořadé, víceřadé a kombinované víceřadé. *„Před zahájením pokládání pytlů je nutné provést tzv. vázání hráze do terénu. První pytel se položí do zahloubení po sejmuté vrstvě zeminy, čímž se dosáhne pevného spojení základní vrstvy s okolním terénem. Po vytyčení hranic a směru hráze se začne stavět od spodního konce a postupuje se proti směru toku tak,*

aby každá vrstva byla ukončena najednou.“ [19] Tloušťka vrstev hráze nemusí být po celé výšce hráze stejná [19].

1) Jednořadé kladení

Tento druh kladní pytlů je používán při zvyšování ochranných hrází nebo k ochraně prostor v okolí vodního toku. Maximální výška této hráze může být 1,5 m. Je důležité při ukládání pytlů klást pytle tak, aby vrchní vrstva pytlů překrývala spáru mezi pytli, které jsou pod ní (cihlová vazba). Pytle se musejí ukládat jednak úvazky pytlů směrem od proudící vody a patou pytle k vodě, a jednak se musejí být mírně šikmo ve směru proudění vody, přičemž odklon od kolmého směru je asi 10° . Smysl tkví v tom, že proudící voda unáší velké množství kalu, který se pak usadí ve spárách mezi pytli a dochází tím k utěsnění [19].

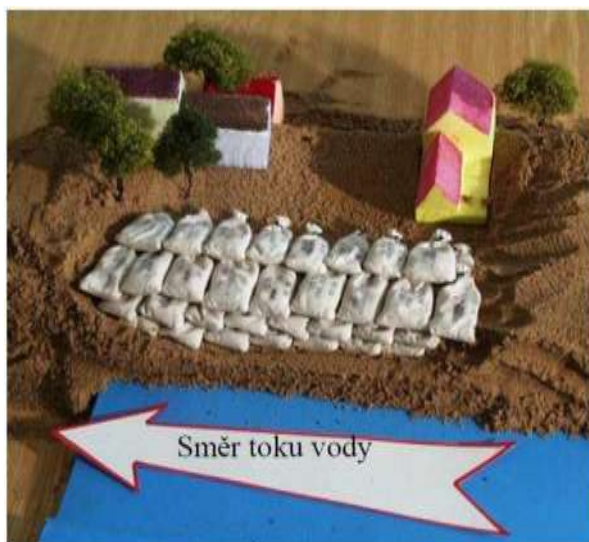


Obrázek 3: Jednořadé kladení pytlů

Zdroj: [19]

2) Víceřadé kladení

Víceřadé kladení je prováděno na místech, kde se očekává větší množství rychle proudící vody a kde předpokládaná výška hladiny bude nad jeden metr oproti hraně břehu toku. Při ukládání se dodržují stejná pravidla jako při jednořadém kladení a používají se pytle větších rozměrů. Konce pytlů s úvazkem, které jsou na vnější straně hráze, musí být přesazeny přes paty pytlů vnitřní řady. Tento typ lze stavět až do výšky 1,5 m [19].



Obrázek 4: Víceřadé kladení pytlů

Zdroj: [19]

3) Kombinované víceřadé kladení

Kombinované víceřadé kladení je realizováno v případě potřeby ochránit ohrožený prostor stabilní, provázanou a pevnou vazbou pytlů. Jednotlivé vrstvy pytlů se střídají tak, že jedna vrstva u proudící vody má pytle kladené po délce a z druhé strany kolmo na podélnou osu. V další vrstvě se pytle kladou opačně. Při kladení pytlů je vhodné vysypávat spáry mezi pytlí zeminou [19].



Obrázek 5: Kombinované víceřadé kladení pytlů

Zdroj: [19]

4.1.2 Tandemové pytle

Tento typ protipovodňové ochrany je velmi jednoduchým, účinným a finančně dostupným způsobem, jak zabránit značným materiálními škodám. Jedná se o dvoukomorové pytle, které nekladou tak vysoké fyzické nároky jako pytle klasické, díky nižší hmotnosti [17].

Pytle se vyrábí ve drou rozměrových velikostech: o délce 100 cm a šířce 60 cm nebo o délce 80 cm a šířce 60 cm. Každý pytel má dvě komory, do kterých se sype písek, a jsou oddělené přepážkou. Pytle se skládají tak, že na přepážku jednoho pytle se položí plná komora druhého pytle [19].

Ochranná hráz z dvoukomorových pytlů se staví podobně jako cihlová zeď. V porovnání s hrází z klasických pytlů je hráz z tandemových pytlů nesrovnatelně účinnější. Je nepropustná, jednoduchá a levná. Hráz můžeme několikrát použít, stavět ji o libovolné šířce a především se snadno manipuluje s plnými pytli, které se snadno plní pomocí speciálního zařízení. Je složeno z násypné části, násypných trubek, na které se nasouvají obě komory pytle, a podpěry, která slouží jako opora pro plný pytel při zavazování tkalounů. Hráz může mít šíři dvou, čtyř nebo i dokonce více pytlů [19].

4.1.3 Další možnosti použití pytlů s pískem

Pytle s pískem mohou mít i jiné využití než jen ke stavění hrází. Mohou se použít při ochraně objektů před povodní [19]:

- 1) **Utěšňování otvorů** se provádí ukládáním pytlů těsně vedle sebe přímo do otvoru ve vrstvách tak, aby paty pytlů mírně vyčnívaly z otvoru směrem k vodě asi o 10 cm. Tímto způsobem se nejčastěji těsní zejména dveře a okna budov, které nemohou být těsněny na celou výšku otvoru.
- 2) **Příložné těsnění** se provádí tak, aby pytle v jednoduché vazbě položené na sebe zakryly celý obvod otvoru s minimálním přesahem 25 cm.
- 3) **Příložné těsnění s podložkou** je určeno k úplnému zakrytí většího otvoru pomocí desky, prken apod. Pytle se rovnají jednoduchou vazbou těsně na sebe a vedle sebe tak, aby zakrývaly celou desku a opíraly se za jejími okraji o zeď min. 25-30cm, protože deska nepřiléhá k líci zdiva.

4.2 Pryžotextilní vaky

Pryžotextilní vaky jsou po klasických a tandemových pytlích s pískem nejrozšířenějším mobilním protipovodňovým opatřením. Jednotlivé díly se v ohroženém prostoru jednoduše

spojí na potřebnou ochrannou délku a poté se napustí vodou. Plní se čerpadlem přímo z řeky či z cisteren. Velkou výhodou těchto vaků je snadné skladování a lze je i snadno a rychle přemístit do ohrožených lokalit [26].

Vaky se vyrábějí ve třech základních provedeních [26]:

- 1) Typ A je nejčastěji určen k navyšování břehů vodních toků, přehrazení ulic apod.
- 2) Typ B je zejména určen k ochraně vchodů, dveří a oken budov.
- 3) Typ C mají stejné určení jako typ A, ale jejich ochranná výška je větší.

Vaky jsou vyráběny ve standardních velikostech či jsou vyráběny na přání zákazníka. Standardní díly pryžotextilních vaků nahradí cca 300 pytlů s pískem. Tento druh vaků se dají také použít jako zásobník užitkové vody či jako sběrné vaky na kontaminovanou vodu, jelikož velice dobře odolávají chemickým látkám [26].

Výhody pryžotextilních vaků [26]:

- vysoká operativnost - možnost rychlého nasazení v nejméně ohroženém místě;
- jednoduchá manipulace bez nutnosti použití speciálních zvedacích zařízení;
- rychlá montáž a demontáž; pro instalaci stěny obvykle stačí 4 osoby;
- plnění čerpadlem přímo z řeky, cisterny, nebo povodňové vody za pomoci čerpadel a běžných hadicových spojek (doba naplnění standardního modulu v závislosti na výkonu čerpadla do 15 min.);
- nevyžadují následné náklady pro odstranění (likvidace mokrého písku, šterku, zeminy), nejsou nutná žádná zvláštní opatření před nebo po použití;
- malé skladovací prostory;
- vysoká životnost, mnohonásobné užití;
- šetrný přístup protipovodňové ochrany k životnímu prostředí.

4.3 Další druhy mobilních protipovodňových systémů

Následující podkapitoly se věnují hrazení plněná vodou nebo interními materiály, bariérami z ohýbaných profilů, prefabrikované betonové zábrany a systémem hlinkových hradidlových profilů.

4.3.1 Hrazení plněná vodou nebo inertními materiály

Tento druh hrazení je složen z konstrukce, která je vyrobena z ocelových trubek, a z pláště, který tvoří dno a obvodové stěny. Ten se navlékne na konstrukci a zafixuje se. Poté je hrazení vyplněno vodou či pískem. Prioritně se užívá voda, jelikož se dá vypustit spodním ventilem. Zatímco při použití sypkého materiálu, musíme tento materiál vyházet ručně [19].

4.3.2 Bariéry z ohýbaných profilů

Bariéra je vyrobena z pozinkovaných plechů, které jsou ohnuty do tvaru písmene A. Aby byla zajištěna stabilita, jsou plechy spojeny pomocí zajišťovacích plechů, které jsou umístěné ve spodní části bariéry. Dále proudící voda přitlačuje svou silou bariéru k zemi, čím také napomáhá k lepší stabilitě. Aby byla zajištěna nepropustnost vůči kapalinám, jsou plechy překryty plastovou fólií. Výhodou těchto bariér je velice snadná manipulace kvůli nízké hmotnosti, velice snadná montáž a také minimální nároky při skladování [19].

4.3.3 Prefabrikované betonové zábrany

Betonová svodidla nemusí být využívána jenom v silniční dopravě, ale lze je také i jistým způsobem využít jako protipovodňovou zábranu. Tyto hráze odolají záplavovým vlnám i rychle proudícímu toku. Sestavení této hráze bylo uznáno za daleko rychlejší a vhodnější než klasická hráz z pytlů s pískem i přes těžkou manipulaci, která vyžaduje speciální klešťový jeřáb a zvedací pásy [19].

4.3.4 Systém hliníkových hradidlových profilů

Skládá se z hliníkových hradidlových profilů, které se vkládají mezi dva hliníkové sloupy, pod kterými jsou nerezové nebo ocelové desky. Tyto hradidlové profily jsou při vzestupu vodní hladiny zaplněny vodou a tím zvyšují stabilitu celé konstrukce. Dále jsou opatřeny speciálním „esovitým“ zámkem, který důmyslně napomáhá zvýšení odolnosti systému proti průsaku vody a společně se systémovým těsněním zaručuje maximální bezpečnost proti mechanickému porušení, které může být způsobeno např. nárazem kmenů. Všechny komponenty jsou lehké a přenosné, což zaručuje jejich rychlou a snadnou montáž [19].

5 POVODNĚ V ČESKÉ REPUBLICE

Povodně jsou v České republice jednou z nejrozšířenějších přírodních katastrof, neboť jiné přírodní katastrofy se téměř na území naší republiky nevyskytují. Např. zemětřesení a vichřice u nás nedosahují takových ničivých důsledků, které známe z jiných zemí světa.

Povodně se v posledních letech na našem území neustále opakují. Pokaždé způsobí velké škody a v horších případech i ztráty na životech. Ty největší zasáhly Českou republiku v letech 1997, 1998, 2002, 2006 a 2009 [11].

Povodeň v roce 1997

Nejtragičtější a nečekané povodně 20. století zasáhly třetinu České republiky. Nejvíce Moravu a východní Čechy, kde místy za pár dní spadlo až přes polovinu ročního úhrnu srážek. Bylo zasaženo 536 měst a obcí ve 34 okresech. Bylo zničeno nebo poškozeno téměř 29 tisíc obydlí a stovky dalších hospodářských zařízení a objektů. Zemřelo 52 lidí a muselo být evakuováno téměř 80 tisíc lidí. Škody se vyšplhaly na 63 miliard korun. Při povodni v tomto roce došlo k selhání různých státních i soukromých orgánů, organizací a institucí. Na mnoha místech chyběly protipovodňové plány a selhal i výstražný systém. Tyto negativní jevy, které při povodních v roce 1997 nastaly, měly za následek zlepšení celkové připravenosti ČR na povodně. Došlo k vyvinutí nových protipovodňových plánů a k odstranění největších nedostatků, což vedlo k podstatnému zmírnění následků povodní v dalších letech [39].

Povodeň v roce 1998

Povodně v roce 1998 zasáhly především východní Čechy. Hlavní příčinou těchto povodní byly přívalové deště. Bylo zasaženo území o rozloze zhruba 100 km². Došlo k evakuaci 800 obyvatel a zemřelo šest lidí. Celkové škody činily 1,9 miliardy korun [39].

Povodeň v roce 2002

Po čtyřleté pauze znovu povodně významně zasáhly Českou republiku. Nejvíce byly zasaženy jižní, střední a severní Čechy a také část Moravy. Postiženo bylo přes 800 obcí a muselo být evakuováno 225 tisíc lidí. Při povodních způsobených přívalovými dešti došlo k enormním škodám na majetku i na životech a zdraví lidí. O život přišlo 17 lidí a škody byly vyčísleny na 73 miliard Kč. Z toho 10 miliard v Praze, kde škody na metru byly 7 miliard [39].

Povodeň v roce 2006

V tomto roce došlo k povodni, která zasáhla velkou část republiky. Příčinou byla kombinace prudkého oteplení a vydatných srážek. Postiženo bylo sedm krajů a škody dosáhly 5,5 miliardy Kč a ani v tomto roce nebyly lidské životy ušetřeny. O život přišlo celkem devět lidí [39].

Povodeň v roce 2009

Povodeň v roce 2009 byla třetí nejhorší povodní v historii České republiky. Povodeň zasáhla pět krajů a v nich 209 obcí. Z postižených oblastí muselo být evakuováno přes 1400 lidí. Škody dosáhly 8,6 miliard korun a zemřelo 15 lidí [39].

Tabulka 1: Povodňové škody v ČR (1997-2010)

Povodňová situace	Povodňové škody v mld. Kč	Počet ztrát na lidských životech
1997	62,6	60
1998	1,8	10
2000	3,8	2
2001	1	0
2002	75,1	19
2006	6,2	9
2009	8,5	15
2010	15	8
Celkem 1997-2010	174	123

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [40]

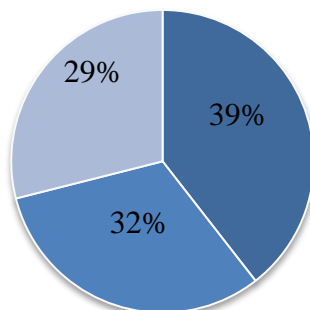
5.1 Příčiny povodní na území české republiky

V posledních letech se Česká republika potýká s ničivými povodněmi. Proč k tomu dochází? Jedním z hlavních důvodů je globální změna klimatu, která se projevuje i ve změně srážkového režimu. Dříve byla léta poměrně chladná a srážkově bohatá, zatímco dnes se setkáváme s dlouhými horkými obdobími beze srážek, která jsou pak následně vystřídána relativně krátkými, ale zato velmi intenzivními srážkami. Po těchto horkých dnech je půda natolik vysušená, že není schopna pojmout najednou tak obrovské množství vody. Voda tedy odtéká do řek, což má za následek zvýšení hladin a následné vylití z koryt [23].

Dalším problémem, se kterým se Česká republika potýká, je prudká změna teplot v období zimy. Mrazivé dny jsou vystřídány prudkým oteplením, která vedou k tání sněhové pokrývky,

a v horších případech je tání doprovázeno dešťovými srážkami, což povodním výrazně napomáhá [23].

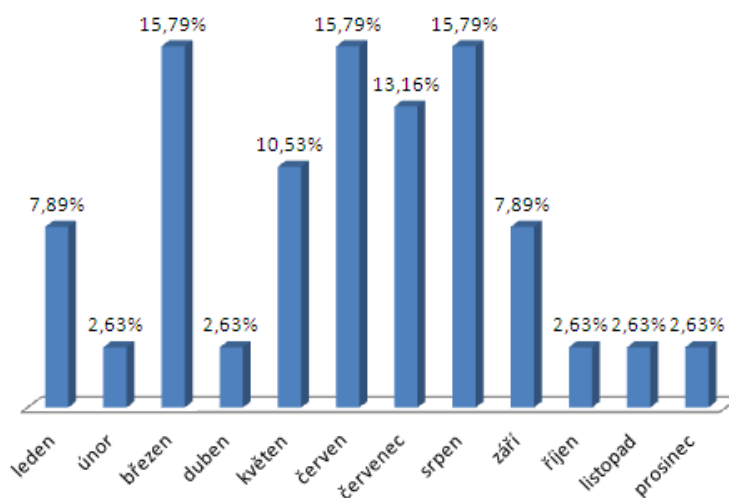
■ Přívalové deště ■ Dlouhodobé deště ■ Jarní tání sněhu



Obrázek 6: Graf příčiny povodní na území ČR 1991-2012

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [40]

Jednou z významných příčin povodní je zásah člověka do krajiny, který si upravuje krajinu a řeky podle své potřeby. Říční koryta jsou napřimována, uměle prohlubována, opevňována a řekám je tedy vzata možnost přirozeného rozlívání. Lesy, které byly schopny pojmout vysoké množství vody a zabránit tak snadnému rozlívání vody mimo koryta, jsou dnes vykáceny kvůli orné půdě. Dalším významným negativním zásahem člověka do přírody je přeměna lesů na smrkové plantáže. Nejen že smrkové dřevo nedokáže pojmout takové množství vody jako klasické lesy, ale je také méně odolný proti vichřicím. Dalším negativním vlivem zvyšující účinek povodní je výstavba obytných domů v místech, kde se dříve přirozeně rozlévala řeka [43].



Obrázek 7: Graf výskytu povodní v ČR v letech 1991 – 2012

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [40]

6 ANALÝZA EFEKTIVNOSTI PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ

Při této analýze byla využita data poskytnutá z Povodí Labe, s. p. (dále jen PLA) a polohopisná a výškopisná data ZABAGED® od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Ke zpracování těchto poskytnutých dat byl využit software ArcGis 10.1. Jednalo se o 60denní zkušební verzi. Na základě těchto mapových podkladů byly odhadnuty škody pro jednotlivé N-leté průtoky (Q_5 , Q_{20} a Q_{100}), které byly potřebné pro posouzení efektivnosti PPO v obci Vrdy. V první fázi je tedy nutné stanovit velikost potenciálních škod, kterými se zabývá podkapitola 6.4 a následně stanovit efektivnost PPO v kapitole 6.5.

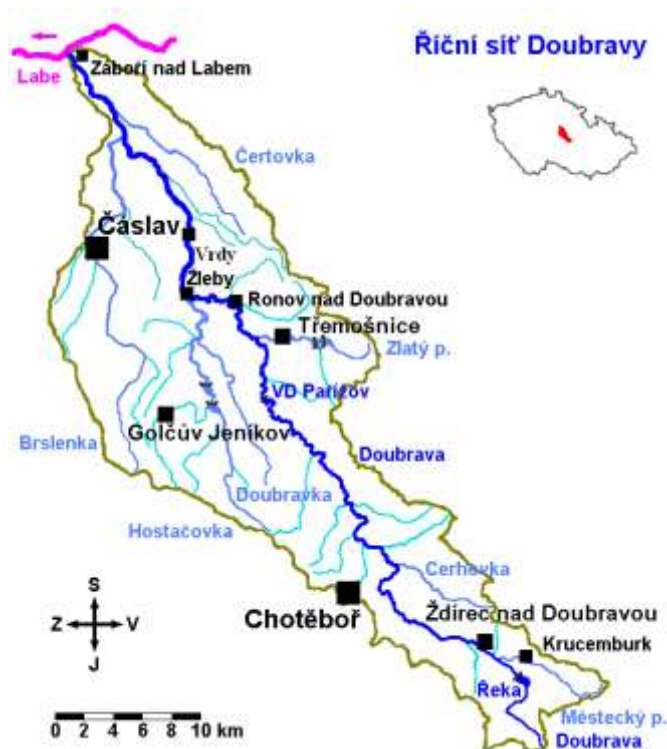
ZABAGED® neboli Základní báze geografických dat ČR je digitální geografický model území ČR na úrovni podrobnosti 1:10 000. Polohopisná data obsahují dvourozměrné prostorové informace a popisné informace objektů, sídel, komunikací, rozvodných sítí, vodstva, územních jednotek a chráněných území, vegetace, povrchu a terénního reliéfu [54].

Výškopisná data obsahují trojrozměrné prvky (dále jen 3D) terénního reliéfu a jsou reprezentována 3D souborem vrstevnic. Jsou tvořeny třemi typy objektů vrstevnic se základním intervalem 1,2 a 5 m v závislosti na charakteru terénu [54].

6.1 Charakteristika území

Obec Vrdy se svými místními částmi (Dolní Bučice, Horní Bučice, Zbyslav, Skovice, Koudelov a Pod Vinicí) leží v severovýchodním cípu kutnohorského okresu, na východním okraji Středočeského kraje v nadmořské výšce 225 m. Celková rozloha obce činí 1 848 hektarů. Obec Vrdy se nachází v rovinaté až mírně zvlněné, bezlesé, zemědělsky využívané krajině na rozhraní Polabské nížiny a předhůří Železných hor [28].

Obcí Vrdy protéká řeka Doubrava, která občanům působí již řadu let nemalé problémy. Řeka Doubrava je levostranným přítokem řeky Labe, která pramení v Českomoravské vrchovině poblíž Velkého Dářka a ústí do Labe u obce Záboří nad Labem ve středních Čechách. Délka toku řeky činí 88,34 km a plocha povodí měří 592,4 km². Doubrava protéká chráněným krajinným územím Železné hory a díky tomu se stala turisticky atraktivním tokem. Její povodí se rozkládá na území kraje Středočeského, Pardubického a Vysočiny a má největší říční hustotu v oblasti středního Labe. Správcem toku je Povodí Labe Hradec Králové. Největším přítokem řeky Doubravy, co se délky toku a plochy povodí týče, je říčka Brslenka, která měří 31,4 km s plochou povodí 100,8 km² a dalším větším přítokem je říčka Hostačovka [21].



Obrázek 8: Říční síť Doubravy

Zdroj: [47]

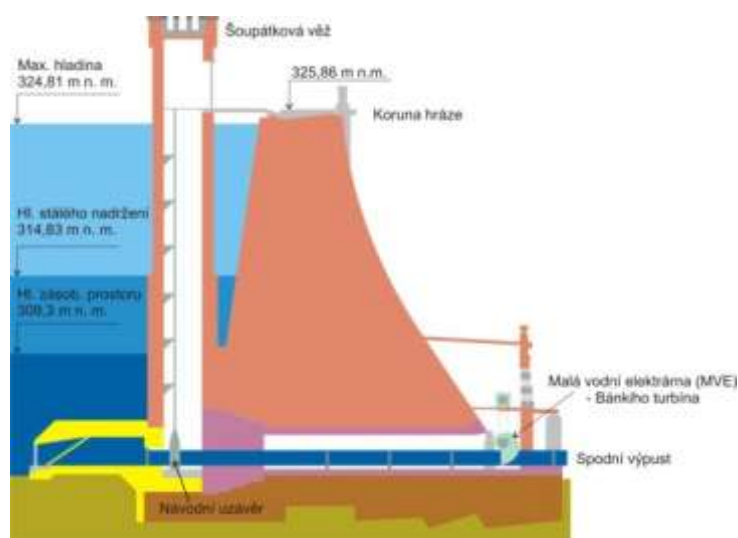
Na obrázku č. 8 je znázorněna říční síť Doubravy. Na řece Doubravě nalezneme vodní nádrž Pařížov, která je částečnou ochrannou území před povodněmi, které se nachází pod nádrží. Zároveň má ale také i energetické využití. Podnětem k její výstavbě byly velké povodně z let 1885, 1888 a 1897, které tehdy patřily k největším povodním na řece Doubravě. Proto byl v roce 1889 tehdejší zemskou komisí pro úpravu řek vypracován program, který měl upravit řeku Doubravu od jejího zaústění do Labe až po obec Žleby v délce 22 km a zřídit čtyři ochranné nádrže. Tyto nádrže měly mít obsah více než 1,3 mil. m³ a měly být vybudovány nad obcemi Žleby, Ronov nad Doubravou, Pařížov a na levostranném přítoku Doubravy na řece Hostačovce. V letech 1908 až 1913 byla vybudována pouze přehrada Pařížov, která byla tehdy spravována tehdejším Zemským úřadem. V současné době je vodní dílo spravováno společností Povodí Labe a.s. Hradec Králové. Zbylé přehrady vybudovány nebyly, z důvodu vypuknutí I. světové války [32].



Obrázek 9: Přehrada Pařížov

Zdroj: [42]

Přehrada nebyla vybudována za účelem zastavení povodně, ale z důvodu jejího zpomalení. Na obrázku č. 9 a 10 je znázorněna přehrada Pařížov, která je postavena z lomového kamene do tvaru klenby) a její kapacita činí 1,7 mil. m³. Aby bylo zabráněno průsakům vody do tělesa hráze, byla hráz opatřena dvojitou cementovou omítkou s draselným mýdlem a voděodolným nátěrem. Maximální výška hráze je 31 m, hráz v koruně měří 142 m a šířka koruny je 4,5 m. Hráz v koruně má korunový přeliv o délce 35 m (7x5 m) a má kapacitu 32,1 m³/s. Boční přeliv na levém svahu je dlouhý 97,4 m s kapacitou 98,8 m³/s. Hladina v nádrži se reguluje dvěma základovými výpustěmi. Při maximální hladině je celková kapacita obou výpustí 33,1 m³/s. Na pravé straně přehrady je obtoková štola o rozměrech 3x4,5 m o délce 142 m [42].



Obrázek 10: Přehrada Pařížov

Zdroj: [42]

6.2 Povodně na řece Doubravě

Obcí Vrды protéká řeka Doubrava, která občanům působí již řadu let nemalé problémy. Od roku 1997 osmkrát výrazně zaplavila obec. Při povodních je nejvíce zasažena část obce zvaná Lázně, Pod Vinicí a Zbyslav.

Na řece Doubravě se nacházejí tři hlásné profily, a to Bílek, Žleby a Pařížov. Pro obec Vrды je nejbližší hlásný profil Žleby, který patří do kategorie A, a také přehrada Pařížov, která spadá do kategorie B.

Tabulka 2: Hodnoty n-letých průtoků na hlásných profilech v [m³/s]

Q _N	N					Průměrný roční průtok	Neškodný průtok
	1	5	10	50	100		
Pařížov	11,2	34,8	50,1	99,1	127	1,6	25
Žleby	23,4	68	95,7	182	229	2,87	69,4

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [48]

Při neškodném průtoku nedochází k žádným škodám v daném úseku, tj. voda není vylitá mimo koryto řeky, případně se vylévá pouze na místech, kde nepůsobí významné škody. Z tabulky č. 2 vyplývá, že neškodný průtok na řece Doubravě v profilu Žleby odpovídá maximálně do výše pětileté povodně.

Tabulka 3: Historické povodně na řece Doubravě

Pařížov	Jednotky	1997	2001	2002	2006	2010
Maximální přítok	m ³ /s	65	71	82	60	56
Zadržený objem vody	mil. m ³ /s	1,1	1,4	1,28	1,4	0,97
Maximální průtok	m ³ /s	65	62	75	37,7	27
Žleby	Jednotky	1997	2001	2002	2006	2010
Maximální průtok	m ³ /s	110	99	127	80	82
Vodní stav	cm	320	305	304	296	234

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [38]

Z porovnání tabulek č. 2 a 3 je patrné, že obec Vrды se v posledních letech potýká nejčastěji s povodní, která má rozsah pětileté až desetileté povodně. Jednalo se o povodně v letech 2001, 2006 a 2010. V roce 2002 a 1997 došlo k největším povodním za posledních pár let, kdy průtoky dosahovaly hodnot odpovídajícím dvacetileté povodni.

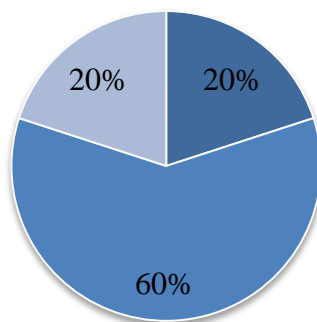
Tabulka 4: Povodně v obci Vrdy

Doubrava	Před realizací PPO			Po realizaci PPO
	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀
Plocha povodně [ha]	40	284	502	390
Zaplavené obytné objekty	12	47	108	72
Ohrožení obyvatelé	77	328	699	462

Zdroj: [18]

Tabulka č. 4 porovnává zasažené území, objekty a počet ohrožených obyvatel při Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ před realizací PPO s hodnotou Q₅₀, což je úroveň ochrany, které bude dosaženo po realizaci PPO.

■ Přívalové deště ■ Dlouhodobé deště ■ Jarní tání sněhu



Obrázek 11: Příčiny povodní na řece Doubravě

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [40]

Z grafu č. 11 jasně vyplývá, že dlouhodobé deště jsou nejčastější příčinou povodní vyskytujících se na řece Doubravě. Bylo tomu tak i v letech 1997, 2002 a 2006. V roce 2006 během pěti dnů napršelo přes 140 mm srážek, což byla jedna pětina průměrných srážek za rok. V letech 1997 a 2002 během čtyř dnů napršelo přes 110 mm srážek. Ve srovnání s průměrnými srážkami napršela během čtyř dnů jedna sedmina průměrných srážek za rok. V roce 2001 byla povodeň způsobena přívalovými dešti, kdy během jediného dne napršelo přes 85 mm srážek [18].

6.3 Protipovodňová opatření ve Vrdech

Hlavním impulsem k vybudování protipovodňových opatření v obci Vrdy byly povodně v roce 1997 a především v roce 2002, kdy průtoky dosahovaly hodnot dvacetileté povodně. Bylo tedy jasné, že při ještě větším průtoku by byla zaplavena značná část obce a škody by byly obrovské. Obec Vrdy patří mezi 13 nejohroženějších lokalit ve Středočeském kraji, a proto došlo k zařazení této obce do II. etapy programu „Prevence před povodněmi“.

V roce 2004 proběhlo na Povodí Labe, s. p. jednání týkající se protipovodňového opatření v obci Vrdy. Projednávala se „Studie proveditelnosti protipovodňových opatření“, která měla za úkol minimalizovat či eliminovat vyšší N-leté průtoky řekou Doubravou přes tuto obec. V úvahu připadaly dvě varianty. Jednou z variant byl tzv. suchý poldr, tedy nádrž, která by při povodni velkou část vody zachytila. Tato varianta však nebyla realizována z důvodu finanční náročnosti a malého objemu chráněného majetku. Při stoleté povodni by byl efekt PPO zanedbatelný, činil by pouhých 6 % a také by došlo k velkému zásahu do ekosystému. Byla tedy vybrána varianta druhá, a to systém protipovodňových bariér, který zajistí zvýšení úrovně ochrany před povodněmi na hodnotu Q_{50} o nákladech 103,8 mil. Kč. Ke konci roku 2004 ještě došlo k návrhu vybudování paralelního dlouhého pravostranného koryta zaústěným pod jezem v Bojmanech. Náklady na tuto variantu se odhadovaly na 320 mil. Kč, díky kterým tento projekt nebyl realizován. V letech 2005 a 2006 probíhala jednání s vlastníky dotčených pozemků. V září 2006 bylo vydáno územní rozhodnutí formou veřejné vyhlášky, které v následujícím měsíci nabylo právní moci. V letech 2007 až 2009 probíhala další jednání s vlastníky dotčených pozemků kvůli vydání stavebního povolení. V únoru roku 2010 bylo zahájeno stavební řízení a v květnu bylo vydáno stavební povolení formou veřejné vyhlášky, které následující měsíc nabylo právní moci. V srpnu 2010 byly zahájeny stavební práce, které ve Vrdech trvaly až do konce roku 2012. Dokončení výstavby PPO v obci Zbyslav se plánuje na konec roku 2013 [29].

PPO na řece Doubravě v úseku Vrdy – Zbyslav budou sloužit k zajištění ochrany životů, zdraví obyvatel a jejich majetku včetně místní infrastruktury proti padesátileté povodni. Dojde ke zkapacitnění koryta řeky v délce 300 m, k napřímení toku ve Zbyslavi a k rekonstrukci jezu [40].

Dále budou vybudovány zemní hráze, zídky a dojde ke zvýšení podezdívky plotů. Délka hrází bude přibližně 4860 m. V místech kde z prostorových a jiných důvodů nebylo možno navrhnout stabilní protipovodňovou bariéru, budou speciální pryžotextilní vaky. Systém hrází a pryžotextilních vaků budou tvořit jakousi „pevnost“, jelikož pryžotextilní vaky budou

především v místech, kde je silnice a tudíž uzavřou vstup do obce. Pryžotextilních vaků je celkem 12 a každý vak má obsah 7200 litrů, je široký 4 m a vysoký 1,2 m. Naplnění vaků není zrovna jednoduchou záležitostí a vyžaduje několik cisteren s vodou, které musí jezdit mezi zdrojem vody a místem ohrožení [52].

Celý systém je koncipován tak, aby zabránil případné druhotné povodni, kdy se do obce vrací voda z okolních polí i cest. Díky vakům se tedy obec dobře uzavře a toto nebezpečí pomine. A v případě že voda je uvnitř, jsou na některých místech v hrázích instalovány výpustě, které se díky hydrostatickému tlaku otevřou, a voda může odtéct. V případě většího množství vody se použijí čerpadla [52].

6.4 Odhad potenciálních povodňových škod

V této analýze budou odhadnuty potenciální povodňové škody, které mohou v obci Vrды nastat při Q_5, Q_{20}, Q_{100} . Provedená analýza poskytuje pouze hrubý odhad, ve které jsou především využity informace získané z Povodí Labe a z dat ZABAGED®.

Pro hodnocení potenciálních povodňových škod byla použita metodika ztrátových křivek, která byla vyvinuta katedrou hydrotechniky Stavební fakulty ČVUT v Praze [53]. Ztrátové křivky vycházejí z pořizovacích cen jednotlivých posuzovaných kategorií objektů a dále ze ztrátových funkcí vytvořených detailním rozbořením působení povodně na jednotlivé kategorie objektů. Každá ztrátová funkce je vyjádřena v určitém intervalu poškození pomocí horní a dolní meze. Ztrátové křivky se dělí na závislé na hloubce zaplavení, kam patří stavební objekty a vybavenost a dále na nezávislé na hloubce zaplavení, kam patří například zemědělství, pozemní komunikace, sportovní plochy a další. Skutečná škoda, která vyjadřuje náklady na uvedení stavby do původního stavu, se s největší pravděpodobností bude pohybovat v tomto intervalu [8], [15].

Použitou metodikou byly stanoveny škody v následujících kategoriích majetku [8]:

- stavební plochy,
- vybavenost objektů pro bydlení a objektů občanské vybavenosti,
- pozemní komunikace,
- průmysl,
- inženýrské sítě,
- mosty,
- sportovní plochy,
- zemědělství.

V příloze G je uvedena tabulka, která obsahuje seznam zkratk, jejich význam a zdroj těchto dat. Z důvodu zvýšení přehlednosti byly některé zkratky vstupních veličin oproti původní metodice upraveny. Pro vyčíslení potenciálních povodňových škod metodou ztrátových křivek se využívá základní vztah vyjádřený následujícím způsobem [8]:

$$D_{ik} = A_{ik} \cdot C_{ik} \cdot L_{ik} \text{ [Kč]} \quad (4)$$

kde: i – index objektu v dané kategorii objektů,

k – index jednotlivých hodnocených kategorií (viz níže jednotlivé kategorie),

A – množství či velikost zasaženého objektu dle kategorie [ks], [m], [m²], nebo [m³],

C – jednotková cena měrné jednotky dle hodnocené kategorie v [Kč/ks], [Kč/m], [Kč/m²], nebo [Kč/m³],

L – hodnota škody [%] pro jednotlivé kategorie vyjádřená v závislosti na zaplavení či hloubce zaplavení,

D – hodnota vyčíslené škody daného objektu i a kategorie [Kč].

Škody na objektech se sčítají pro jednotlivé kategorie dle vztahu:

$$D_k = \sum_i D_{ik} \text{ [Kč]} \quad (5)$$

a nakonec celková škoda v hodnoceném území se sčítá přes jednotlivé kategorie pro dané Q_N :

$$D = \sum_k D_k \text{ [Kč]} \quad (6)$$

6.4.1 Škody na stavebních objektech

U škody na stavebních objektech je rozhodující hloubka zaplavení objektu, na které závisí míra poškození daného objektu. Při stanovování výše škod se bere v úvahu i nenulová hloubka zaplavení, která vyjadřuje ztrátu na podsklepení budov [53]. Míra poškození v závislosti na hloubce zaplavení je v tabulce č. 5.

Pro vlastní výpočet použijeme vztah [53]:

$$D_B = A_B \cdot L \cdot C \quad (7)$$

kde: A_B - plocha zaplavených budov [m^2],

L - procentuální vyjádření poškození na budovách v závislosti na hloubce zaplavení,

C - jednotková cena 1 m^2 jednoho podlaží budovy [$Kč/m^2$].

Tabulka 5: Poškození budov v závislosti na hloubce zaplavení

Poškození [%]	Hloubka zaplavení [m]										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{min}	2,23	6,69	9,93	12,69	17,15	20,38	23,15	27,61	30,84	33,61	38,07
L_{max}	3,55	10,64	16,50	21,89	28,98	34,84	40,23	47,32	53,18	58,57	65,66

Zdroj: [53]

Tabulka 6: Cenové ukazatele budov

Druhy objektů	Požizovací cena [$Kč/m^2$]	Podíl na zaplavené ploše v obci Vrды
Objekty občanské vybavenosti	6 600	0,035714
Budovy pro bydlení	4 808	0,964286
Vážený průměr pořizovací ceny na jednotku obestavěného prostoru [$Kč/m^3$]		4 872
Požizovací cena na jednotku plochy půdorysu při výšce podlaží 3 m [$Kč/m^2$]		14 616

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [53]

V tabulce č. 6 jsou uvedeny cenové ukazatele pro jednotlivé kategorie budov ve formě ceny za m^3 obestavěného prostoru, zjištěné z Českých stavebních standardů, které poskytují jednotnou klasifikaci stavebních objektů (dále jen JKSO). Pro výpočet škod je použita univerzální výška jednoho podlaží 3 m, proto je možné převést výslednou pořizovací cenu na jednotku plochy. Pro výpočet škod na stavebních objektech je použita pořizovací cena na jednotku plochy půdorysu při výšce podlaží 3 m.

Tabulka 7: Zasažené objekty v obci Vrdy při Q_N podle hloubky zaplavení

Druh povodně	Q_5			Q_{20}			Q_{100}		
	$\leq 0,5$	0,51 - 1	1,01 - 2	$\leq 0,5$	0,51 - 1	1,01 - 2	$\leq 0,5$	0,51 - 1	1,01 - 2
Hloubka zaplavení [m]									
Počet	12	0	0	38	11	0	58	8	46
Plocha [m ²]	2659	0	0	9 567	2 769	0	12 490	1 723	9 906

Zdroj: Vlastní zpracování

Počet a plocha zasažených objektů v obci Vrdy, které jsou uvedené v tabulce č. 7, byly zjištěny na základě poskytnutých dat z PLA a hloubka zaplavení byla určena pomocí programu ArcGis 10.1. Hloubka zaplavení v obci Vrdy byla stanovena do tří úrovní, a to na menší než 0,5 m; 0,51 - 1 m a 1,01 - 2 m. Hloubka zaplavení větší než 2 m by v obci Vrdy při Q_{100} neměla být. Z tabulky č. 7 tedy vyplývá, že při Q_5 je zasaženo 12 objektů, u kterých hloubka zaplavení nepřekročí 0,5 metru, zatímco při Q_{100} je zaplaveno celkem 112 objektů a z toho u 46 objektů dosahuje hloubka zaplavení od 1 až do 2 metrů.

Tabulka 8: Škody na stavebních objektech v obci Vrdy při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Škody [Kč]	866 666	1 379 670	5 825 994	9 270 517	20 132 858	33 049 689

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledné škody na stavebních objektech uvedené v tabulce č. 8, byly zjištěny pomocí vzorce č. 7, kdy se pro jednotlivé Q_N počítá minimální a maximální škoda, což je interval ve kterém by se měla skutečná škoda pohybovat.

Pro lepší vysvětlení bude uveden výpočet škod pro Q_{100} . Nejprve se určí veličiny, které poté budou dosazeny do vzorce č. 7. Z tohoto vzorce je tedy patrné, že pro výpočet je nutné znát plochu zaplavených budov při jednotlivých Q_N , která se ještě dělí podle hloubky zaplavení v budovách. Konkrétní hodnoty jsou uvedené v tabulce č. 7, kde nás zajímají škody pro Q_{100} , kde $A_B (<= 0,5m) = 12 490 \text{ m}^2$, $A_B (0,51-1m) = 1 723 \text{ m}^2$ a $A_B (1,01-2 \text{ m}) = 9 906 \text{ m}^2$. Dále je nutné znát procentuální vyjádření minimálního a maximálního poškození na budovách v závislosti na hloubce zaplavení. Tyto hodnoty jsou uvedené v tabulce č. 5, kde $L_{\min (<= 0,5m)} = 2,23 \%$, $L_{\max (<= 0,5m)} = 3,55 \%$, $L_{\min (0,51-1m)} = 6,69 \%$, $L_{\max (0,51-1m)} = 10,64 \%$, $L_{\min (1,01-2 \text{ m})} = 9,93 \%$ a $L_{\max (1,01-2 \text{ m})} = 16,50 \%$. A posledním důležitým údajem je cenový ukazatel pro budovy, který je $C = 14 616 \text{ Kč/m}^2$ (viz tabulka č. 6).

Po dosazení těchto hodnot do vzorce č. 7 získáme následující rovnici pro minimální škody při Q_{100} : $D_{\min} = (12 490 * 14 * 0,0223) + (1 723 * 14 616 * 0,0669) + (9906 * 14 616 * 0,993) =$

20 132 828 Kč. Rovnice pro maximální škody při Q_{100} je: $D_{\max} = (12\,490 \cdot 14\,616 \cdot 0,0355) + (1\,723 \cdot 14\,616 \cdot 0,0669) + (9\,906 \cdot 14\,616 \cdot 0,165) = 33\,049\,689$ Kč.

6.4.2 Škody na vybavenosti objektů pro bydlení a objektů občanské vybavenosti

Pro stanovení škody na vybavenosti objektů se vychází z celkové plochy všech neprůmyslových objektů. Při stanovování těchto škod nerozlišujeme mezi kategoriemi pro bydlení a občanskou vybavenost. Ke škodám na vybavení budov dochází až od určité úrovně zaplavení, proto jsou do odhadu škod zahrnuty pouze budovy s minimální hloubkou zaplavení (h_{\min}), která je 0,5 m a vyšší [15].

Vztah pro výpočet škod [14]:

$$D_{VB} = A_{VB} \cdot Z_{VB} \quad (8)$$

kde: A_{VB} – plocha zaplavených bytových jednotek s min. hloubkou zaplavení $h_{\min} \leq 0,5$ m a více [m^2],

Z_{VB} – jednotková škoda na vybavenosti budov [$Kč/m^2$].

Tabulka 9: Poměr zastoupení objektů a jejich poškození v obci Vrды

Rozbor procenta poškození	Byty	Občanská vybavenost
Poměrné zastoupení objektů v zaplavené oblasti	96,4 %	3,6 %
Poškození minimální	25 %	20 %
Poškození maximální	50 %	30 %
Celkový podíl na poškození min.	24,10714	0,71428571
Celkový podíl na poškození max.	48,21429	1,07142857
Součet procenta poškození minimální	24,8	
Součet procenta poškození maximální	49,3	

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [53]

Pro určení minimálního a maximálního procenta poškození, které je uvedeno v tabulce č. 9, bylo nutné určit poměr zastoupení bytů a objektů občanské vybavenosti v zaplavené oblasti. Poškození minimální a maximální je převzato z Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik [53]. Celkový podíl na poškození je zjištěn vynásobením poměrného zastoupení objektů v zaplavené oblasti s celkovým podílem poškození. Sečtením

celkových podílů minimálního či maximálního poškození dostaneme celkové procento poškození, které je důležité pro výpočet celkové škody na vybavenosti objektů.

Výpočet jednotkové škody na vybavení neprůmyslových budov na m² vychází ze statistik ČSÚ, který zveřejňuje informace o bytech a jejich vybavení základními předměty dlouhodobého užívání.

Tabulka 10: Stanovení jednotkové škody pro vybavení budov

Položka	Cena [Kč]	Zastoupení v domácnosti [%]	Redukce ceny [Kč]
Kuchyňská linka	14 396	100	14 396
Sporák kombinovaný	8 082	100	8 082
Vysavač	2 755	100	2 755
Sedací souprava	22 221	100	22 221
Automatická pračka	10 026	97,2	9 745
Chladnička	11 971	106,3	12 725
Televizní přijímač	11 598	134,9	15 646
Celkem sledované položky [Kč]	15 % celku		85 911
Koeficient zastoupení na celkovém vybavení [%]	15 %		15 %
Celková hodnota vybavení bytové jednotky [Kč]	100 % celku		572 741
Hodnota vybavení na m² bytové jednotky [Kč/m²] - velikost bytové jednotky cca 110 m²	celkem/110		5 207
Podíl poškození [%]	min		24,8
	max		49,3
Jednotková škoda dle procenta poškození Z_{VB} [Kč/m²]	min		1 292
	max		2 566

Zdroj: [53]

Vybavení domácnosti uvedené v tabulce č. 10 představuje zhruba 15 % celkového vybavení bytu, proto je konečná suma přepočítána na 100 %. Vydělením celkové hodnoty vybavení bytové jednotky a průměrnou velikostí bytové jednotky zjištěnou z ČSÚ, je zjištěna hodnota vybavení na m². Vynásobením této hodnoty s podílem poškození je získána jednotková škoda Z_{VB}, která je důležitá pro výpočet celkové škody na vybavenosti objektů pro bydlení a objektů občanské vybavenosti. Pro výpočet škod na vybavenosti objektů pro bydlení je použita jednotková škoda dle procenta poškození uvedená v této tabulce.

Tabulka 11: Zasažené bytové jednotky při Q_N v obci Vrdy s $h_{\min} \leq 0,5$

Druh povodně	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Počet bytů	0	46	105
Plocha bytů [m^2]	0	5 029	11 556

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkový počet bytů v zájmové oblasti, které jsou při jednotlivém Q_N ohroženy, byl zjištěn na základě dat poskytnutých PLA. Konkrétní počet zaplavených bytů s minimální hloubkou zaplavení 0,5 metru, který je uveden v tabulce č. 11, byl zjištěn pomocí programu ArcGis 10.1.

Tabulka 12: Škody na vybavenosti objektů v obci Vrdy při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Škody [Kč]	0	0	3 655 792	7 258 983	14 935 434	29 655 970

Zdroj: Vlastní zpracování

Ke stanovení výsledné škody na vybavenosti objektů v obci Vrdy, které jsou uvedené v tabulce č. 12, byl využit vzorec č. 8. Pro lepší pochopení bude uveden výpočet škod pro Q_{100} , který je obdobný i pro zbylé kategorie. Tudiž u ostatních kategorií podrobný výpočet uveden nebude. Nejprve se určí veličiny, které budou dosazeny do vzorce č. 8. Kde plocha zasažených budov pro bydlení a občanskou vybavenost s hloubkou zaplavení minimálně 0,5 m a více při Q_{100} je $A_{VB}=11\,556\,m^2$ zjištěná z tabulky č. 11. Současně musíme znát minimální a maximální jednotkovou škodu na m^2 . Tato hodnota je uvedena v tabulce č. 10, kde $Z_{VB(\min)} = 1\,292\,Kč/m^2$ a $Z_{VB(\max)} = 2\,566\,Kč/m^2$. Po dosazení těchto hodnot do vzorce č. 8 získáme následující rovnici pro minimální škody při Q_{100} : $D_{\min} = 11\,556 \cdot 1\,292 = 14\,935\,434\,Kč$. Rovnice pro maximální škody při Q_{100} je: $D_{\max} = 11\,556 \cdot 2\,566 = 29\,655\,970\,Kč$.

6.4.3 Škody na pozemních komunikacích

Škody na silničních komunikacích pro dané Q_N vyjádříme jako součin plochy všech objektů se ztrátovou cenou Z_{Si} [15]:

$$D_{Si} = A_{Si} \cdot Z_{Si} \quad (9)$$

kde: A_{Si} - plocha pozemních komunikací [m^2],

Z_{Si} - jednotková škoda pozemních komunikací [$Kč/m^2$] – minimální a maximální.

Tabulka 13: Zasažené pozemní komunikace v obci Vrdy při Q_N

Silnice	Povodeň			
	Délka [m]	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Silnice I. třídy	200	1 000	1500	
Silnice III. třídy	500	1 000	4 000	
Ulice	300	2 600	4 000	
Plocha [m ²]	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	
Silnice I. třídy	1 600	8 000	12 000	
Silnice III. třídy	3 000	6 000	24 000	
Ulice	1 500	13 000	20 000	
Celkem [m²]	6 100	27 000	56 000	

Zdroj: Vlastní zpracování

Plocha pozemních komunikací uvedená v tabulce č. 12 byla vypočítána vynásobením délky pozemní komunikace s odpovídající šířkou dané komunikace. Délka a šířka jednotlivých druhů silnic a ulic, které jsou zaplaveny, byly zjištěny pomocí programu ArcGis10.1, kde šířka silnice I. třídy je 8 m, silnice II. třídy 6 m a ulice 5 m.

Tabulka 14: Cenové ukazatele a míra poškození pozemních komunikací

Komunikace	Cena [Kč/m ²]	Poškození [%]		Škody	
		min	max	min	max
Silnice	2 226	2,06	4,12	45,9	91,7

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [15]

Pro stanovení škod pozemních komunikací se vychází z pořizovací ceny silniční komunikace dle JKSO [3] a z jejich možného poškození uvedené v tabulce č. 13.

Tabulka 15: Škody na pozemních komunikacích v obci Vrdy při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Silnice	279 719	559 438	1 238 101	2 476 202	2 567 913	5 135 827

Zdroj: Vlastní zpracování

Celková škoda na pozemních a železničních komunikacích v obci Vrdy, které jsou uvedené v tabulce č. 15, byly zjištěny pomocí vzorce č. 9 a 10.

6.4.4 Škody na mostech

Při stanovení škod na mostech a lávkách je třeba zohlednit úroveň zaplavení mostovky, přičemž jsou rozlišovány tři úrovně zaplavení. Zaplavení pod úroveň mostovky dosahuje malých škod, po úroveň mostovky už hrozí poškození statiky a nad úroveň mostovky jsou už

rozsáhlá poškození, která si často vynucují kompletní obnovu. Při výpočtu škod na mostech se dále zohledňuje vliv podélného sklonu dna vodního toku, který charakterizuje dynamický účinek proudící vody v místě mostu. Značíme ho jako redukční koeficient rk [15].

Vztah pro výpočet škod [15]:

$$D_{M_0} = A_{M_0} \cdot Z_{M_0} \cdot rk \quad (11)$$

kde: A_{M_0} - plocha zaplavené mostovky [m^2],

Z_{M_0} - jednotková škoda mostovky [$Kč/m^2$] – minimální a maximální,

rk - redukční koeficient dle podélného sklonu dna vodního toku [%].

Tabulka 16: Cenové ukazatele a míra poškození mostů

Mosty	Cena dle JKSO [$Kč/m^2$]	Úroveň zaplavení mostovky	Poškození [%]		Jednotková škoda [$Kč/m^2$]	
			min	max	min	max
Silniční	58 019	Pod	1	1,4	580	812
		Po	10	20	5 802	11 604
		Nad	20	40	11 604	23 208
Lávky	44 589	Pod	1	1,4	446	624
		Po	10	20	4 459	8 918
		Nad	20	40	8 918	17 836

Zdroj: [53]

K výpočtu škod na mostech je nutné určit tři úrovně zaplavení, které jsou uvedené v tabulce č. 16. V případě, že je voda pod úrovní mostu, dochází k malému poškození. U mostu, který je zaplaven po úroveň, hrozí poškození statiky a v případě, že voda přesáhne nad úroveň mostu, je poškození rozsáhlé a velice často dochází ke kompletní obnově. Při výpočtu škod na mostech se dále zohledňuje vliv podélného sklonu dna vodního toku, který charakterizuje účinek proudící vody v místě mostu. Ten je definován redukčním koeficientem rk , který je uveden v tabulce č. 17.

Tabulka 17: Hodnoty redukčního koeficientu rk

Podélný sklon dna vodního toku [%]	Redukční koeficient rk
0 - 1	0,85
1 - 2	0,9
2 - 6	1
> 6	1,15

Zdroj: [53]

Podélný sklon dna řeky Doubravy je 5 ‰, což znamená, že pro následný výpočet škod na mostech bude použit redukční koeficient.

Tabulka 18: Zasažené mosty v obci Vrды při Q_N

Mosty	Povodeň		
	Poččet	Q_5	Q_{20}
silniční	0	3	4
lávky	0	5	6
Plocha [m ²]	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
silniční	0	1 332	1 381
lávky	0	262	282

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 18 je uveden počet zasažených mostů a lávek, který byl zjištěn na základě dat poskytnutých PLA. Jejich plocha byla určena pomocí programu ArcGis10.1, která je důležitá pro stanovení výsledné škody. Dále pomocí tohoto programu a historických fotek povodní v obci Vrды, byla určena úroveň zaplavení mostovky, která je důležitá k vypočítání celkové škody na mostech podle vzorce č. 11.

Tabulka 19: Škody na mostech v obci Vrды při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Škody [Kč]	0	0	1 940 818	3 418 000	18 540 000	37 080 000

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledné škody na mostech, které jsou uvedeny v tabulce č. 19, byly vypočítány na základě vzorce č. 11. Pro jednotlivé Q_N bylo nutné určit plochu zaplavené mostovky a především úroveň zaplavení. V obci Vrды jsou při Q_5 škody nulové, jelikož nejsou zaplaveny žádné mostovky. Při Q_{20} už dochází ke škodám, protože jsou zasaženy 3 mosty pod úroveň a 4 lávky po úroveň. Zatímco při Q_{100} jsou škody velké, jelikož všechny mostovky jsou zaplaveny nad úroveň.

6.4.5 Škody na sportovních plochách

Pro stanovení škod sportovních ploch se vychází z pořizovacích cen jednotlivých typů povrchů dle JKSO a z jejich možného poškození. V tabulce č. 21 jsou uvedeny ceny pro jednotlivé typy povrchů, pokud je možné tyto plochy od sebe rozlišit. Pokud povrchy není možné od sebe rozlišit, použije se univerzální jednotková škoda ZH odvozená z dílčích cen váženým průměrem podle jejich procenta zastoupení [53].

Vztah pro výpočet škod [15]:

$$D_{SP} = A_{SP} \cdot Z_{SP} \quad (12)$$

kde: A_{SP} - zaplavená plocha sportovních ploch [m^2],

Z_{SP} - jednotková škoda sportovních ploch [$Kč/m^2$].

Tabulka 20: Zasažené sportovní plochy v obci Vrды při Q_N

Zasažené sportovní plochy	Povodeň		
	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Plocha [m^2]	0	23 207	35 750

Zdroj: [18]

Zasažené sportovní plochy při daném Q_N uvedené v tabulce č. 20 byly zjištěné na základě dat poskytnutých z PLA.

Tabulka 21: Cenové ukazatele a míra poškození sportovních ploch

Druh povrchu	Cena [$Kč/m^2$]	Poškození [%]		Zastoupení v zasažených sportovištích [%]	Škoda ZHi [$Kč/m^2$]	
		min	max		min	max
Tráva	543	20	30	63	108,6	162,9
Kamenivo	997	40	60	5	398,8	598,2
Beton	12 341	0,6	1,2	15	74,0	148,1
Ostatní	1 124	40	60	17	449,6	674,4
Celkem	-	-	-	100	175,9	269,4

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [53]

Výpočet škod jednotlivých sportovních ploch uvedených v tabulce č. 21 vychází z pořizovací ceny jednotlivých typů ploch a z jejich možného poškození. Průměrná škoda všech sportovních ploch je zjištěna pomocí váženého průměru, kde plocha zastoupení daného povrchu, který je zasažen při povodních, byl určen odhadem pomocí programu ArcGis10.1. Tento procentuální odhad zastoupení daného druhu sportovních ploch vychází z celkových zasažených sportovních ploch, které jsou uvedené v tabulce č. 20.

Tabulka 22: Škody na sportovních plochách v obci Vrды při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Škody [$Kč$]	0	0	4 319 447	6 608 049	6 654 037	10 179 591

Zdroj: Vlastní zpracování

K výpočtu škod na sportovních plochách uvedených v tabulce č. 22 byl použit vzorec č. 12, kde za hodnotu Z_{SP} byla dosazena univerzální jednotková škoda. Je to z důvodu, že zasaženými sportovními plochami je fotbalové hřiště, víceúčelové hřiště, nohejbalové hřiště a tenisové kurty.

6.4.6 Škody v zemědělství

Vzhledem k častým změnám pěstovaných plodin na obdělávaných plochách je pro rostlinnou výrobu používána průměrná jednotková cena a škoda vztažená na 1 ha obhospodařované plochy.

Vztah pro výpočet škod [15]:

$$D_{Ze} = A_{Ze} \cdot Z_{Ze} \quad (13)$$

kde: A_{Ze} - zaplavená plocha zemědělské půdy [ha],

Z_{Ze} - jednotková škoda zemědělských ploch [Kč/ha] – minimální a maximální.

Tabulka 23: Zasažené zemědělské plochy v obci Vrды při Q_N

Zasažené zemědělské plochy	Povodeň		
	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Plocha [ha]	33	258	444

Zdroj: [18]

Zasažené zemědělské plochy při daném Q_N uvedené v tabulce č. 23 byly zjištěné na základě dat poskytnutých z PLA.

Tabulka 24: Cenové ukazatele a míra poškození zemědělských plodin

Plodina	Náklady na pěstování [tis.Kč/ha]	Ztráta [%]		Škody [tis.Kč/ha]	
		min	max		
Obilniny	19	15	80	2,7	14,4
Kukuřice	23	15	80	3,5	18,4
Řepka	25	10	90	2,5	22,5
Slunečnice	25	10	80	2,5	20
Brambory	84	20	80	16,8	67,2
Cukrovka	49	15	80	7,4	39,2
Vážený průměr	22	20	80	4,5	17,8

Zdroj: [53]

Tabulka č. 24 obsahuje informace o několika základních plodinách, které se pěstují na území ČR, kde ke každé plodině je uvedena průměrná cena nákladů na pěstování a procentuální poškození. Na základě těchto údajů jsou určeny minimální a maximální škody jednotlivých plodin a také průměrná škoda.

Tabulka 25: Škody na zemědělských plochách v obci Vrды při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Škody [Kč]	148 500	587 400	1 161 000	4 592 400	1 998 000	7 903 200

Zdroj: Vlastní zpracování

K vypočítání škod na zemědělských plochách uvedených v tabulce č. 25 byl využit vzorec č. 13. Do tohoto vzorce byla dosazena hodnota zasažené zemědělské plochy pro jednotlivé Q_N uvedená v tabulce č. 23 a dále průměrná škoda na 1ha uvedená v tabulce č. 24.

6.4.7 Škody v průmyslu

Hlavním podkladem pro stanovení jednotkové ceny pro škody v průmyslu je celkový statistický přehled ČSÚ. Hodnota majetku je stanovena jako součet dlouhodobého majetku, zásob a 1/3 pasiv vlastního kapitálu za poslední dostupný rok [15].

Tento součet je vztažen k celkové ploše všech průmyslových areálů v ČR a na základě těchto hodnot je odvozena cena na m^2 průmyslových budov. Vlastní škoda uvedená v tabulce č. 26 je poté odvozena procentem škody z ceny na m^2 průmyslových budov. Pokud by byly dosažitelné statistiky průmyslu pro menší územní celky (např. kraje, okresy) bylo by možné vyjádřit přesné ceny na m^2 dle těchto území. Z tohoto důvodu je třeba brát průmyslové škody pouze jako orientační [15].

Vztah pro výpočet škod [15]:

$$D_{Pr} = A_{Pr} \cdot Z_{Pr} \quad (14)$$

kde: A_{Pr} - zaplavená plocha průmyslových budov [m^2],

Z_{Pr} - jednotková škoda průmyslových ploch [$Kč/m^2$] – minimální a maximální.

Tabulka 26: Cenové ukazatele a míra poškození průmyslových objektů

Označení	Poškození [%]		Škody [$Kč/m^2$]	
	min	max	min	max
Z_{Pr}	10	15	2 324	3 485

Zdroj: [9]

Tabulka 27: Zasažené průmyslové objekty v obci Vrdy při Q_N

Zasažený majetek v záplavovém území	Povodeň		
	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Průmyslové objekty [m ²]	0	10 844	11 318

Zdroj: [18]

Plocha zasažených průmyslových objektů v tabulce č. 27 byla zjištěna pomocí programu ArcGis10.1 a dat, které poskytlo PLA.

Tabulka 28: Škody v průmyslu v obci Vrdy při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Škody [Kč]	0	0	25 201 456	37 791 340	26 303 032	39 443 230

Zdroj: Vlastní zpracování

Použitím vzorce č. 14 byly získány celkové průmyslové škody v obci Vrdy. Je patrné, že škody při Q_{20} a Q_{100} jsou téměř totožné, jelikož plocha zaplavení uvedená v tabulce č. 27 se od sebe téměř neliší.

6.4.8 Škody na inženýrských sítích

Výpočet vychází z předpokladu, že inženýrské sítě jsou vedeny souběžně se všemi pozemními komunikacemi, a proto je délka inženýrských sítí odvozena od jejich délky. Ztrátová cena uvedená v tabulce č. 29 je odvozena z ceníků JKSO [15].

Vztah pro výpočet škod [15]:

$$D_{IS} = d_{Si} \cdot Z_{IS} \quad (15)$$

kde: d_{Si} - zaplavená délka pozemních komunikací [m],

Z_{IS} - jednotková škoda inženýrských sítí [Kč/m] – minimální a maximální.

Tabulka 29: Cenové ukazatele a míra poškození inženýrských sítí

Druh inženýrské sítě	Cena [Kč/m]	Poškození [%]		Ztrátová cena [Kč/m]	
		min	max	min	max
Elektrina	3 841	0,33	0,98	13	38
Voda	9 683	0,35	0,39	34	38
Kanalizace	12 831	0,5	0,52	64	67
Plyn	9 683	2	2	19	24
Telekomunikace	1 598	0,77	2,31	12	36
Celkem	-	-	-	142	203

Zdroj:[53]

Tabulka 30: Škody na inženýrských sítích v obci Vrды při Q_N

Druh povodně	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Škody [Kč]	147 396	210 714	662 572	947 198	1 346 586	1 925 049

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 30 jsou uvedeny výsledné škody na inženýrských sítích, které byly vypočítány pomocí vzorce č. 15. K tomu, aby byla tato škoda vypočítána, bylo nutné znát délku zaplavených inženýrských sítí. Jak již bylo výše uvedeno, zasažená délka inženýrských sítí je totožná s délkou pozemní komunikace, tudíž vycházíme z tabulky č. 13.

6.4.9 Celkové škody

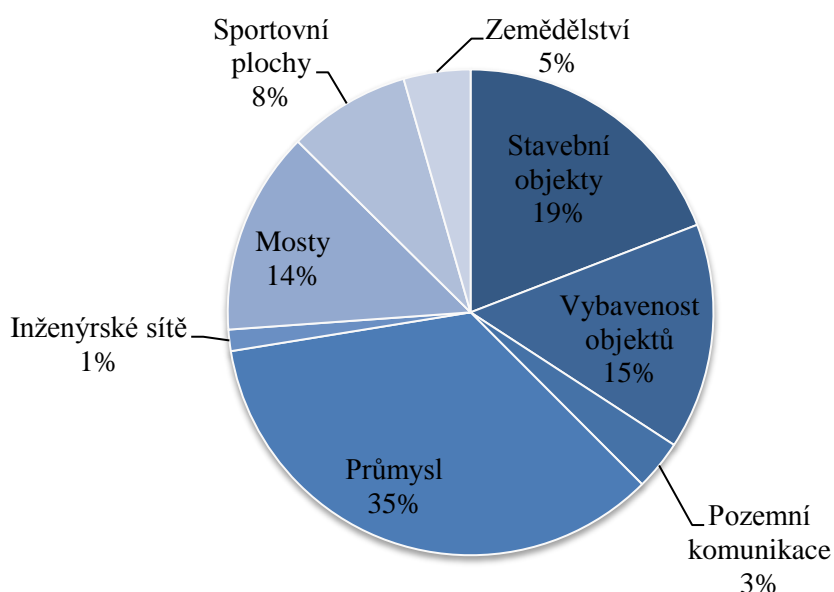
V následující tabulce č. 31 je uveden soupis veškerých vypočtených potenciálních povodňových škod. Potenciální škody jsou vyjádřeny v intervalu hodnot (min, max), ve kterém by se v případě povodně měla nacházet skutečná škoda pro jednotlivé Q_N . Celkový součet škod všech kategorií pro jednotlivé Q_N byl zjištěn podle vzorce č. 6 a je vyjádřen pomocí střední hodnoty škody. Vypočtené celkové škody budou sloužit jako podklad pro hodnocení ekonomické efektivity PPO.

Tabulka 31: Celkové škody v obci Vrды při Q_N

Škody [Kč]	Q_5		Q_{20}		Q_{100}	
	min	max	min	max	min	max
Stavební objekty	866 666	1 379 670	5 825 994	9 270 517	20 132 858	33 049 689
Vybavenost objektů	0	0	3 655 792	7 258 983	14 935 434	29 655 970
Pozemní komunikace	279 719	559 438	1 238 101	2 476 202	2 567 914	5 135 827
Průmysl	0	0	25 201 456	37 791 340	26 303 032	39 443 230
Inženýrské sítě	147 396	210 714	662 572	947 198	1 346 586	1 925 049
Mosty	0	0	772 560	1 081 584	16 025 124	32 050 248
Sportovní plochy	0	0	4 664 607	7 147 756	7 185 750	11 011 000
Zemědělství	148 500	587 400	1 161 000	4 592 400	1 998 000	7 903 200
Celkem	1 442 281	2 737 222	43 182 082	70 565 980	90 494 698	160 174 214
Střední hodnota	2 089 752		56 874 031		125 334 456	

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky č. 31 je patrné, že nejvyšší škody nastávají při Q_{100} , kde výška vody v některých místech dosahuje až 2 m. To má za následek vysoké škody především na stavebních objektech a jejich vybavenosti. Vysoké škody jsou také na mostech, kde při Q_{100} je hladina vody nad úrovní mostovek. Škody v průmyslu jsou při Q_{20} a Q_{100} téměř totožné, poněvadž plocha zaplavení se nijak výrazně nemění. Při Q_5 jsou škody minimální, jelikož voda se především rozlívá do přilehlých polí a silničních komunikací. Stavební objekty nejsou nijak významně zasaženy. Střední hodnoty těchto škod jsou použity pro výpočet průměrného ročního rizika před realizací PPO.



Obrázek 12: Celkové škody v obci Vrды

Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu č. 13 je zřejmé, že největší podíl škod tvoří průmyslové škody. Ty představují 35 % z celkových škod. Je to z důvodu, že poblíž řeky Doubravy se nachází tři průmyslové podniky, a to Goldbeck Prefabeton s.r.o, který je nejvýznamnějším průmyslovým podnikem v obci Vrды a jedním z největších zaměstnavatelů na Kutnohorsku. A dále se zde také nachází podnik Ethanol Energy a Transelco. Škody na stavebních objektech a vybavenosti objektů jsou dalším významným podílem z celkových škod v obci Vrды. Podél řeky Doubravy se rozkládá část obce zvaná Lázně, která je zasažena s obcí Zbyslav nejvíce.

6.4.1 Škody po realizaci PPO

PPO opatření v obci Vrды má zajistit ochranu před povodněmi o hodnotě průtoku Q_{50} . V tabulce č. 32 jsou uvedeny vypočtené škody pro průtok Q_{50} po realizaci PPO. Podrobný výpočet jednotlivých kategorií nebude uveden, jelikož tyto škody byly vypočítány stejným způsobem jako v podkapitole 6.4. Škody v této tabulce byly vypočítány hrubým odhadem na základě dat z PLA [18]. Podrobnější výpočet nemohl být proveden z důvodu absence záplavových území po realizaci PPO.

Tabulka 32: Celkové škody v obci Vrды při Q_N

Škody [Kč]	Po realizaci PPO (Q_{50})	
	min	max
Stavební objekty	10 465 875	16 649 032
Vybavenost objektů	12 010 801	23848784
Pozemní komunikace	265 443	530886
Průmysl	1 919 624	2878610
Inženýrské sítě	129 788	185542
Mosty	0	0
Sportovní plochy	0	0
Zemědělství	72 000	284800
Celkem	24 863 530	44 377 654
Střední hodnota	34 620 592	

Zdroj: Vlastní zpracování

6.5 Určení ekonomické efektivity protipovodňového opatření

Ekonomická efektivity je v dnešní době jeden z nejdůležitějších aspektů při výstavbě PPO. K posouzení ekonomické efektivity navrženého systému PPO se zpravidla používá analýza nákladů a užitků. Náklady jsou dány celkovou hodnotou investice daného PPO a k vyčíslení užitků je použita metoda rizikové analýzy, která spočívá ve vyčíslení rozdílu povodňových škod mezi současným stavem bez PPO a po realizaci PPO.

6.5.1 Riziko

Na základě stanovení potenciálních škod lze stanovit míru rizika, které představuje průměrné roční finanční náklady potřebné na odstranění povodňových škod.

Vztah pro výpočet rizika [25]:

$$R = \sum \left[-\frac{1}{b} [Da + A(1 + \ln b - \ln a)] + \frac{1}{a} (Da + A) \right] \quad (16)$$

$$A = (Db - Da) / (\ln b - \ln a) \quad (17)$$

kde: a - spodní doba návratu,

b - horní doba návratu,

Da - škoda odpovídající době návratu a ,

Db - škoda odpovídající době návratu b .

Tabulka 33: Výše škod při Q_N nutná pro výpočet rizika před realizací PPO

Říční odtok	N [počet let]	Škody [mil. Kč]
Q_2	2	0
Q_5	5	2,09
Q_{20}	20	56,874
Q_{100}	100	125,334
Q_{1000}	1000	125,334
Q_{10000}	10000	125,334

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro výpočet rizika před realizací PPO byla použita data z tabulky č. 33. Jednotlivé intervaly volíme dle spočtených škod s tím, že a je doba opakování povodně, při které začínají vznikat škody a b je doba opakování povodní, která je min $N=1000$. Doba opakování může být případně až $N=10\,000$, kdy je již pravděpodobnost výskytu minimální a na celkovém riziku se téměř neprojevuje. Jelikož hodnoty škod větší než Q_{100} nejsou vypočítány, předpokládá se, že škody budou stále stejné nebo vyšší, a tudíž tuto hodnotu škody lze použít pro povodně s vyšší dobou opakování [15].

Ke zjištění škody podle vzorce č. 16 a 17 bylo nejprve nutné určit intervaly, které jsou uvedeny v tabulce č. 33. V tomto případě je 5 intervalů. Ke zjištění průměrného ročního rizika

v prvním intervalu bylo nutné určit intervaly a a b , kde a je Q_2 , co je doba opakování, při které začínají vznikat škody. Pro Q_2 jsou tedy škody (Da) nulové a tato hodnota byla zjištěna z PLA [18]. Za b bylo dosazeno Q_5 , kdy škody (Db) dosahují 2,09 mil. Kč, které již byly vypočítány v tabulce č. 31. Dále bylo nutné vypočítat hodnotu A podle vzorce č. 15, která vyšla 2,281. Po dosazení této hodnoty do vzorce č. 16, byla zjištěna hodnota rizika, která činí 0,266 mil. Kč/rok.

Stejným způsobem se postupuje pro zbylé intervaly, kde hodnoty rizika se rovnají 3,502 mil. Kč/rok, 3,292 mil. Kč/rok, 1,128 mil. Kč/rok a 0,113 mil. Kč/rok, což dává celkové riziko před realizací PPO **8,301 mil. Kč/rok**.

Tabulka 34: Výše škod při Q_N nutná pro výpočet rizika po realizaci PPO

Říční odtok	N [počet let]	Škody [mil. Kč]
Q_5	5	0
Q_{50}	50	34,62
Q_{100}	100	125,334
Q_{1000}	1000	125,334
Q_{10000}	10000	125,334

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 34 jsou uvedeny škody pro jednotlivé Q_N . Doba opakování kdy začínají vznikat škody, byla zjištěna z PLA [18]. Hodnota škod pro průtok Q_{50} byla zjištěna z tabulky č. 32. Ostatní škody pro jednotlivé Q_N jsou převzaté z tabulky č. 31.

Pro další analýzu bylo také nutné vypočítat průměrné roční riziko po realizaci PPO. K výpočtu byl použit vzorec č. 16 a 17 a postupovalo se stejným způsobem jako při výpočtu průměrného ročního rizika před realizací PPO. Bylo tedy nutné nejprve určit intervaly, které jsou uvedené v tabulce č. 34. V tomto případě jsou 4 intervaly, kde hodnoty rizika jednotlivých intervalů jsou: 2,014 mil. Kč/rok, 0,748 mil. Kč/rok, 1,128 mil. Kč/rok a 0,113 mil. Kč/rok. Suma těchto rizik udává celkové průměrné roční riziko po realizaci PPO, které činí **4,003 mil. Kč/rok**.

6.5.2 Čistá současná hodnota

Metoda čisté současné hodnoty je jedním z nevhodnějších a nejpoužívanějších finančních kritérií. „Je v ní zahrnuta celá doba životnosti projektu, i možnost investování do jiného stejně rizikového projektu. Bere v úvahu časovou hodnotu peněz, závisí pouze na předvídaných hotovostních tocích a alternativních nákladech kapitálu.“ [7] Výhodou této

metody je, že výsledkem je absolutní hodnota přínosu investice v dnešních cenách, které lze sčítat. Výsledná hodnota udává, kolik peněz realizace investice podniku přinese [7].

Vztah pro výpočet čisté současné hodnoty [7]:

$$\check{C}SH = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (18)$$

kde: $\check{C}SH$ - čistá současná hodnota,

CF_t - peněžní toky v jednotlivých letech,

n - doba životnosti projektu,

r - diskontní úroková míra.

V tabulce č. 33 je vypočtena doba návratnosti investice pomocí čisté současné hodnoty. Předpokládaná doba životnosti investice je 100 let, která byla stanovena odhadem. V nultém roce byla uskutečněna investice ve výši 103,8 mil. Kč. V dalších letech jsou přínosy přepočítány na $\check{C}SH$, kde diskontní sazba je 3 % (převzato z PLA [18]). Hodnota přínosu, pomocí které vypočítáme diskontované přínosy v jednotlivých letech, byla zjištěna rozdílem mezi rizikem před realizací PPO a rizikem po realizaci PPO. Rozdíl těchto hodnot činí **4,298 mil. Kč/rok**.

Doba návratnosti investice byla stanovena na **44 let**, kdy v tomto roce dojde k vyrovnání kumulovaných přínosů investice a nákladů na tuto investici. Jedná se o orientační vyčíslení ekonomické efektivity PPO. Doba návratnosti je nástrojem pro objektivní posouzení PPO v mezinárodním či tuzemském kontextu. Čím nižší doba návratnosti, tím dříve se investice vrátí [8]. 44 let návratnosti investice je sice dlouhá doba, ale u projektů typu protipovodňové ochrany je tato doba akceptovatelná.

Suma vypočtených $\check{C}SH$ představuje absolutní ukazatel, který je **32,01 mil. Kč**. Tento ukazatel vyjadřuje zhodnocení PPO z dlouhodobého hlediska v absolutních ekonomických jednotkách. Kladné hodnoty tohoto ukazatele svědčí o ekonomické rentabilitě PPO, a naopak záporné hodnoty svědčí o ekonomické nevýhodnosti realizace PPO [8].

Poměrový ukazatel, který vyjadřuje ekonomickou efektivnost investice, je vypočítán podílem sumy diskontovaných přínosů za 100 let (135,81 mil. Kč) a hodnoty investice (103,8 mil. Kč) a činí **1,31**. Tato hodnota udává, o kolik bude sníženo současné riziko jednou

korunou investice. V tomto případě, se jedná o efektivní opatření, jelikož poměrový ukazatel je větší než jedna.

Tabulka 35: Výpočet doby návratnosti investice

Počet let	Výpočet ČSH [mil.Kč]	Kumulované přínosy investice	Počet let	Výpočet ČSH [mil.Kč]	Kumulované přínosy investice	Počet let	Výpočet ČSH [mil.Kč]	Kumulované přínosy investice
0	-103,80	0,00	34	1,57	90,82	68	0,58	124,07
1	4,17	4,17	35	1,53	92,35	69	0,56	124,63
2	4,05	8,22	36	1,48	93,84	70	0,54	125,17
3	3,93	12,16	37	1,44	95,27	71	0,53	125,70
4	3,82	15,98	38	1,40	96,67	72	0,51	126,21
5	3,71	19,68	39	1,36	98,03	73	0,50	126,71
6	3,60	23,28	40	1,32	99,35	74	0,48	127,19
7	3,49	26,78	41	1,28	100,63	75	0,47	127,66
8	3,39	30,17	42	1,24	101,87	76	0,45	128,11
9	3,29	33,46	43	1,21	103,07	77	0,44	128,55
10	3,20	36,66	44	1,17	104,24	78	0,43	128,98
11	3,10	39,77	45	1,14	105,38	79	0,42	129,40
12	3,01	42,78	46	1,10	106,48	80	0,40	129,80
13	2,93	45,71	47	1,07	107,56	81	0,39	130,20
14	2,84	48,55	48	1,04	108,60	82	0,38	130,58
15	2,76	51,31	49	1,01	109,61	83	0,37	130,95
16	2,68	53,99	50	0,98	110,59	84	0,36	131,30
17	2,60	56,59	51	0,95	111,54	85	0,35	131,65
18	2,52	59,11	52	0,92	112,46	86	0,34	131,99
19	2,45	61,56	53	0,90	113,36	87	0,33	132,32
20	2,38	63,94	54	0,87	114,23	88	0,32	132,64
21	2,31	66,25	55	0,85	115,08	89	0,31	132,95
22	2,24	68,50	56	0,82	115,90	90	0,30	133,25
23	2,18	70,67	57	0,80	116,69	91	0,29	133,54
24	2,11	72,79	58	0,77	117,47	92	0,28	133,82
25	2,05	74,84	59	0,75	118,22	93	0,28	134,10
26	1,99	76,83	60	0,73	118,95	94	0,27	134,37
27	1,93	78,77	61	0,71	119,66	95	0,26	134,62
28	1,88	80,65	62	0,69	120,35	96	0,25	134,88
29	1,82	82,47	63	0,67	121,01	97	0,24	135,12
30	1,77	84,24	64	0,65	121,66	98	0,24	135,36
31	1,72	85,96	65	0,63	122,29	99	0,23	135,59
32	1,67	87,63	66	0,61	122,90	100	0,22	135,81
33	1,62	89,25	67	0,59	123,49	101		

Zdroj: Vlastní zpracování

6.6 Výsledek analýzy efektivnosti PPO v obci Vrdy

Obcí Vrdy protéká řeka Doubrava, která občanům působí již řadu let nemalé problémy. Od roku 1997 osmkrát výrazně zaplavila obec. Dále byl také několikrát vyhlášen 3. povodňový stupeň, při kterém naštěstí nedošlo k zasažení objektů v záplavovém území. Přesto však museli být ohrožení občané v pozoru. Na základě těchto skutečností bylo rozhodnuto o vybudování PPO.

Analýza navrhovaného PPO v obci Vrdy ukázala na základě výsledků odhadu potenciálních škod a provedené analýzy efektivnosti PPO, že z hlediska ekonomického vybudování se tato investice vyplatí. Doba návratnosti této investice je 44 let. Je to sice dlouhá doba, ale u projektů typu protipovodňové ochrany je tato doba akceptovatelná. Dalším zajímavým ukazatelem je poměrová efektivnost, která je 1,31. Tato hodnota udává, že jedna koruna investice sníží povodňové škody o 1,31 Kč. Dalším důležitým ukazatelem je absolutní ukazatel, který je 32,01 mil. Kč a hodnotí PPO z hlediska užítku. Na základě těchto ukazatelů lze tedy konstatovat efektivnost protipovodňového opatření.

S vybudováním PPO byly problémy. Tento projekt sice ochrání část Vrdů, přesněji část obce Lázně, ale na druhé straně bude mít s největší pravděpodobností negativní dopad na část obce Pod Vinicí. Místa, kudy dříve voda protékala, jsou teď chráněná, a tudíž si rozvodněná řeka bude muset hledat jinou cestu. A právě s největší pravděpodobností tato cesta povede přes již zmíněnou část obce Pod Vinicí, která nespádala do protipovodňového opatření obce Vrdy. Bylo to z důvodu finanční náročnosti.

ZÁVĚR

Povodňové situace z několika posledních let v České republice vyvolaly velké diskuze o nedostatečných protipovodňových opatřeních tak jako nikdy předtím. Od roku 1997 dosáhly škody závratné výše téměř 185 mld. Kč. Byly poškozeny nebo zcela zničeny tisíce obydlí, budov a hospodářských objektů a musely být statisíce lidí evakuovány. Nejhorším faktem ale je, že povodně si vyžádaly přes 120 lidských životů.

Povodně v roce 1997 odhalily nedostatky v preventivních opatřeních proti povodním. Po těchto katastrofálních povodních si téměř nikdo nepřipouštěl, že by se ještě něco podobného mohlo opakovat tak brzy a s ještě větší silou. Povodně v roce 2002 a 2006 znovu důrazně upozornily na to, že přírodní živly není radno podceňovat.

V roce 2000 byla Vládou České republiky přijata Strategie prevence před povodněmi pro území České republiky, která vznikla jako reakce na obrovské povodně z roku 1997. Tato strategie obsahuje Program prevence před povodněmi, který se skládá ze tří etap. První etapa byla zaměřena především na území zasažená povodní v roce 1997. Druhá etapa měla zabezpečit místa, která byla nejvíce postižena povodní v roce 2002. Třetí etapa bude převážně zaměřena na retenci podél vodních toků s využitím prostorů k řízeným rozlivům v poldrech. Její součástí budou i úpravy v krajině.

Cílem této práce byla analýza ekonomické efektivity protipovodňového opatření v obci Vrdy, která patří do II. etapy programu Prevence před povodněmi. Při této analýze byla využita data získaná z Povodí Labe, s. p. a polohopisná a výškopisná data ZABAGED® od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Ke zpracování těchto poskytnutých dat byl využit software ArcGis 10.1.

Pomocí metodiky ztrátových křivek byly odhadnuty potenciální škody pro jednotlivé kategorie objektů. Ke zjištění škod v dané kategorii bylo potřeba velkého množství dat, jako je např. plocha zaplaveného území, procentuální vyjádření škody či hloubka zaplavení. Tato data byla poté dosazena do vzorců, které jsou pro každou kategorii rozdílné. Potenciální škody v každé kategorii jsou vyjádřeny v intervalu hodnot (min, max), ve kterém by se v případě povodně měla nacházet skutečná škoda. Škody byly počítány pro N-leté průtoky a to Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . Poté byla zjištěna celková škoda pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} jako součet středních škod jednotlivých kategorií. Tyto celkové škody byly důležité pro následnou analýzu ekonomické efektivity protipovodňového opatření v obci Vrdy.

Ekonomická efektivnost je v dnešní době jedním z nejdůležitějších aspektů při výstavbě protipovodňových opatření. Aby tedy byla určena ekonomická efektivnost investice, muselo být nejprve vypočítáno průměrné roční riziko před realizací protipovodňového opatření. Pro obec Vrdy je toto riziko 8,301 mil. Kč/rok, což jsou náklady potřebné na odstranění povodňových škod. Dále bylo nutné vypočítat průměrné roční riziko po realizaci protipovodňového opatření, které činí 4,003 mil. Kč/rok. Tato dvě rizika byla klíčová k určení ekonomické efektivnosti investice, která je vyjádřena poměrovým a absolutním ukazatelem.

Analýza navrhovaného protipovodňového opatření v obci Vrdy ukázala na základě výsledků odhadu potenciálních škod a provedené analýzy efektivnosti protipovodňového opatření, že z hlediska ekonomického vybudování se tato investice vyplatí. Doba návratnosti této investice je 44 let. Je to sice dlouhá doba, ale u projektů typu protipovodňové ochrany je tato doba akceptovatelná. Dalším zajímavým ukazatelem je poměrová efektivnost, která je 1,31. Tato hodnota udává, že jedna koruna investice sníží povodňové škody o 1,31 Kč. Dalším důležitým ukazatelem je absolutní ukazatel, který je 32,01 mil. Kč a hodnotí protipovodňové opatření z hlediska užitku. Na základě těchto ukazatelů lze tedy konstatovat efektivnost protipovodňového opatření.

Cíl práce spočívající v analýze ekonomické efektivnosti protipovodňového opatření, jako jednoho z nejdůležitějších rozhodovacích aspektů při výstavbě protipovodňových opatření, byl splněn.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BAŠTECKÁ, B. a kol., *Terénní krizová práce: Psychosociální intervenční týmy*. Praha: Grada, 2005. ISBN 978-80-247-6715-4.
- [2] BENDL, P., KENDÍK, A. *Ministerstvo zemědělství investuje do protipovodňových opatření*. 2012. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/169114/TK_Ministerstvo_zemedelstvi_investuje_do_protipovodnovych_opatreni.pdf.
- [3] Cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2012. *České stavební standardy* [online]. 2012 [cit. 2013-04-13]. Dostupné z: http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu_2012.html.
- [4] Co znamená povodeň a co záplava? *Naše řeč: Ústav pro jazyk český Akademie věd ČR*, v. v. i [online]. 2011 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://nase-rec.ujc.cas.cz/archiv.php?art=5361>.
- [5] ČAMROVÁ, L., JÍLKOVÁ, J. *Povodňové škody a nástroje k jejich snížení*. Praha: Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku při FNH VŠE v Praze, 2006. ISBN 80–86684–35–0.
- [6] Činnost povodňového orgánu po povodni. *Hutisko-Solanec: Povodňový plán obce* [online]. 2013 [cit. 2013-04-13]. Dostupné z: http://www.edpp.cz/h-s_cinnost-povodnoveho-organu-po-povodni/.
- [7] Čistá současná hodnota. *Management Mania* [online]. 2012 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cista-soucasna-hodnota>.
- [8] ČVUT V PRAZE, Fakulta stavební. *Specifikace rizik a ohroženosti území při návrhových průtocích: PPO Přeštice*. Praha, 2011.
- [9] DRBAL, K. a kol. *Metodika stanovování povodňových škod v záplavovém území*. 2008. Dostupné z: http://www.dibavod.cz/data/metodika_riziko_skody_2008.pdf?PHPSESSID=b32f83c256d387bb29c.
- [10] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR KARLOVARSKÉHO KRAJE. *Plán evakuace obyvatelstva: Metodická pomůcka*. Karlovy Vary, 2004. Dostupné z: <http://webmap.kr-karlovarsky.cz/pou/html/..%5Cprilohy%5CPlanEVA.pdf>.

- [11] Historické a současné povodně v České republice. *Geografický ústav: Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity* [online]. 2012 [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: http://oldgeogr.muni.cz/cz/vyzkum/klimatologie/kniha_povodne.html.
- [12] Hlásná a předpovědní povodňová služba. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba.
- [13] Hlásná a předpovědní služba: Povodňové zprávy ČHMÚ. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2012 [cit. 2013-04-13]. Dostupné z: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy.html.
- [14] Hlásné profily. *Digitální povodňový plán města Cvikov* [online]. 2012 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://dpp.cvikov.cz:8080/dpp/>.
- [15] HORSKÝ, M.. *Metody hodnocení potenciálních povodňových škod a jejich aplikace pomocí prostředků GIS*. Praha, 2008. Disertační práce. ČVUT V PRAZE.
- [16] Hydrologická situace. *Povodí Ohře* [online]. 2013 [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: <http://www.poh.cz/vhd/vhd.htm>.
- [17] *Charakteristika území: Ledové povodně*. 2012. Dostupné z: http://web3.kr-kralovehradecky.cz/assets/DPP/vecna_cast/legislativa/21-charakteristka-uzemi.pdf.
- [18] Interní zdroj Povodí Labe, s. p.
- [19] JURÁŇ, M., MATĚJKA, J. Mobilní protipovodňové systémy. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-62-4.
- [20] KATEDRA HYDROMELIORACÍ A KRAJINNÉHO INŽENÝRSTVÍ, FSv ČVUT v Praze. *Protipovodňová opatření: Možnosti financování studie*. 2011. Dostupné z: http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/d26euf/euf_ukazka-4.
- [21] KOCIÁN, O. *Revitalizace povodí Doubravy*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Přírodovědná fakulta.
- [22] MATOUŠEK, V. *Ledové povodně*. 2006. Dostupné z: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Toky/Predmety/VTO/ke_stazeni/ostatni/LedoveJevy.pdf.
- [23] Metodický portál: inspirace a zkušenosti učitelů. *Globální změny klimatu* [online]. 2010 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: http://wiki.rvp.cz/Knihovna/1.Pedagogicky_lexikon/U/Udr%C5%BEiteln%C3%BD_rozvoj/Glob%C3%A1ln%C3%AD_zm%C4%9Bny_klimatu.

- [24] Mimořádná událost, krizová situace. *Hasičský záchranný sbor: Moravskoslezského kraje* [online]. 2011 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.hzsmsk.cz/index.php?a=cat.70>.
- [25] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. *Posílení rizikové analýzy a stanovení aktivních zón v Českém vodním hospodářství*. 2004. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/16369/posileni_rizikove_analyzy.pdf.
- [26] Mobilní protipovodňová ochrana: Pryžotextilní vaky. *Envi Web* [online]. 2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/povodne/90156/mobilni-protipovodnova-ochrana-pryzotextilni-vaky>.
- [27] Nařízení vlády č. 100/1999 Sb., o ochraně před povodněmi.
- [28] Obec Vrdy (a její části). *Virtuální Čáslavsko: informačně turistický regionální systém virtuálních prohlídek* [online]. 2012 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.virtualni-caslavsko.cz/clen/vrdy>.
- [29] OBECNÍ ÚŘAD VRDY. *Obecní listy: Prosinec 2011*. 2011. Dostupné z: <http://www.obecvrdy.cz/obecni-listy/prosinec-2011>.
- [30] Ochrana před povodněmi. *Hasičský záchranný sbor: Moravskoslezského kraje* [online]. 2008 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.hzsmsk.cz/index.php?a=cat.62>.
- [31] Ochrana před povodněmi: Řízené ovlivňování odtokových poměrů. *Povodňový plán: Povodí Labe, státní podnik* [online]. 2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://pppl.wz.cz/pp/html/A/A325.html>.
- [32] *Pařížov: Technické parametry*. 2012. Dostupné z: http://bimbo.fjfi.cvut.cz/~horsky/prehrady/parizov/tech_par.htm.
- [33] Pojmy. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2003 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/riziko.aspx>.
- [34] Pojmy. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2010 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/hrozba.aspx>.
- [35] Posílení protipovodňových opatření v ČR. *Časopis stavebnictví* [online]. 2007 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=134>.
- [36] Povodeň. *Město Nýřany* [online]. 2013 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://www.nyřany.cz/storage/File/Povoden%20definice.pdf>.

- [37] Povodňové záchranné práce. *Povodí Odry, státní podnik* [online]. 2013 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.pod.cz/povodnovy_plan/PP-A7/PP-A7-3.htm.
- [38] Povodňové zprávy. *Povodí Labe: státní podnik* [online]. 2011 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/povodnove-zpravy_502.html.
- [39] Pro srovnání: největší povodně v Česku. *Lidovky.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: http://www.lidovky.cz/pro-srovnani-nejvetsi-povodne-v-cesku-dx9-/zpravy-domov.aspx?c=A100807_142216_ln_domov_spa.
- [40] Programy protipovodňových opatření Ministerstva zemědělství. *Český hydrometeorologický ústav: Úsek hydrologie* [online]. 2012 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: http://voda.chmi.cz/pov_2002/prezentace/puncochar.pdf.
- [41] Protipovodňová opatření. *Možnosti řešení povodňových situací v Česko-slovenském příhraničí* [online]. 2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni>.
- [42] Přehrada Pařížov. *Povodí Labe, státní podnik* [online]. 2009 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada_parizov.htm.
- [43] Příčiny povodní v naší přírodě. *Příroda.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1106>.
- [44] ROUDNÝ, R., LINHART, P. *Krizový management I.: Ochrana obyvatelstva, mimořádné události*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-674-5.
- [45] ROUDNÝ, R., LINHART, P. *Krizový management III.: Teorie a praxe rizika*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2006. ISBN 80-7194-924-8.
- [46] ROUDNÝ, R., LINHART, P. *Ochrana obyvatelstva a terorismus: Distanční opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2010. ISBN 978-80-7395-252-5.
- [47] Říční síť Doubravy. In: *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:%C5%98%C3%AD%C4%8Dn%C3%AD_s%C3%AD%C5%A5_Doubravy.png.
- [48] Stavby a průtoky na vodních tocích. *Povodí Labe: státní podnik* [online]. 2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.pla.cz/portal/sap/cz/PC/Mereni.aspx?id=23&oid=2>

- [49] Stupně povodňové aktivity (SPA). *Regionální hydrologický informační servis* [online]. 2010 [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: <http://cidla.mopos.cz/>.
- [50] Varování obyvatelstva. *Hasičský záchranný sbor České republiky: Plzeňský kraj*. [online]. 2010 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/hzs-plzenskeho-kraje-menu-ochrana-obyvatelstva-varovani-obyvatelstva-varovani-obyvatelstva.aspx>.
- [51] Varování. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2011 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/varovani-obyvatelstva-v-ceske-republice.aspx>.
- [52] Ve Vrdech zkoušejí unikátní ochranu před velkou vodou. *Kutnohorský deník.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: http://m.denik.cz/kutnohorsky_denik/c/fotogalerie-ve-vrdech-se-uci-branit-velke-vode-20120526.html.
- [53] VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, veřejná výzkumná instituce. *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik*. 2011.
- [54] Základní báze geografických dat České republiky - úvod. *Geoportál ČÚZK: přístup k mapovým produktům a službám resortu* [online]. 2010 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(msidsaq2uu1ris55axjcu45\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&head_tab=sekce-02-gp&menu=24](http://geoportal.cuzk.cz/(S(msidsaq2uu1ris55axjcu45))/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&head_tab=sekce-02-gp&menu=24).
- [55] Základní charakteristika říční povodně. *Říční povodně* [online]. 2010 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.velkawoda.unas.cz/charakteristika.htm>.
- [56] Zákon č. 239/2000 Sb., o Integrovaném záchranném systému, ve znění pozdějších předpisů.
- [57] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

POUŽITÁ DATA A SOFTWARE

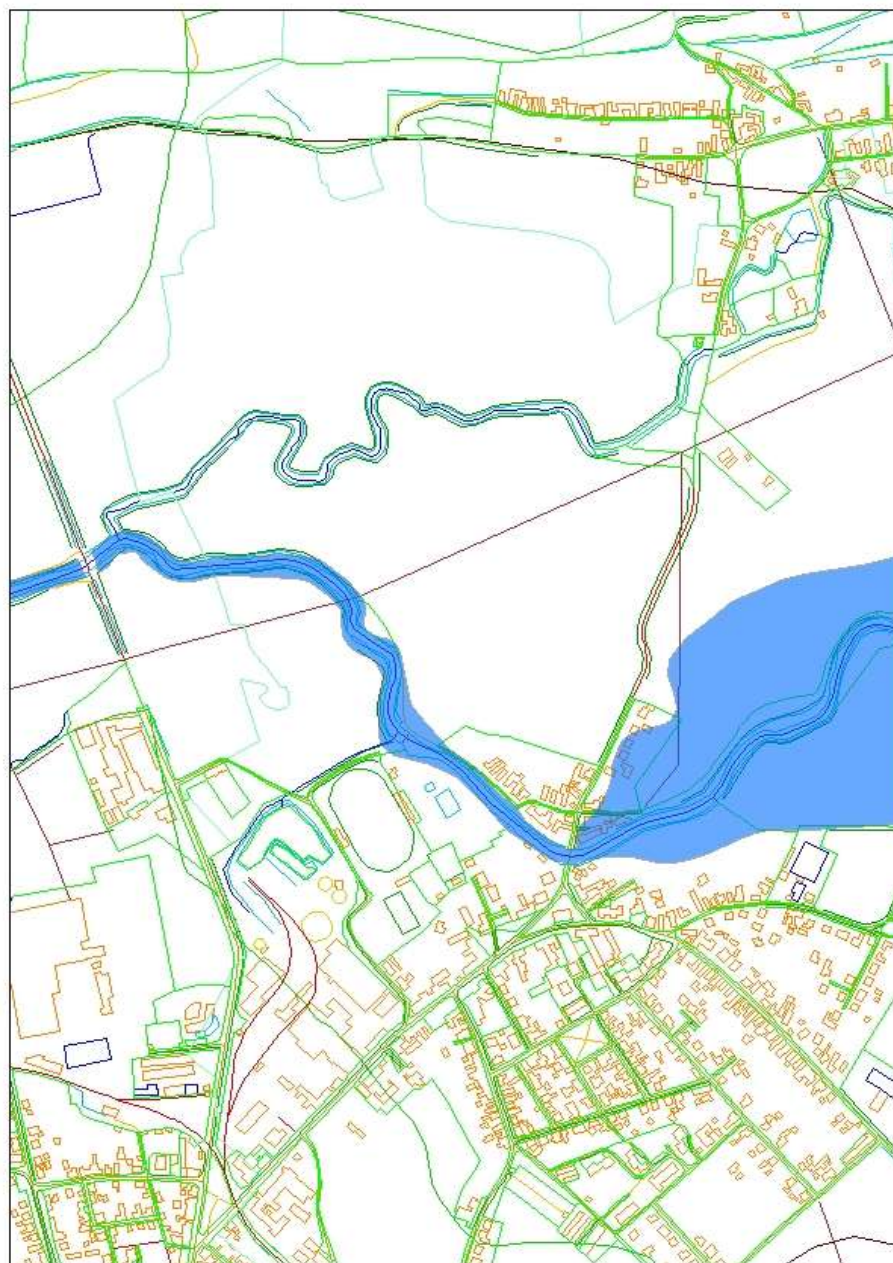
Mapový podklad - Český úřad zeměměřický a katastrální. *ZABAGED® - polohopis a výškopis*.

ESRI. *ArcGis 10.1* [software]. 2012. Dostupné z: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/free-trial>.

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha AZáplavové území v obci Vrdy při Q₅
- Příloha BZáplavové území v obci Vrdy při Q₂₀
- Příloha CZáplavové území v obci Vrdy při Q₁₀₀
- Příloha DZáplavové území v obci Vrdy při Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀
- Příloha EOhrožené objekty v obci Vrdy při Q₁₀₀
- Příloha FProtipovodňové opatření v obci Vrdy
- Příloha G.....Přehled zkratk

ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ V OBCI VRDY PŘI Q5

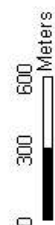
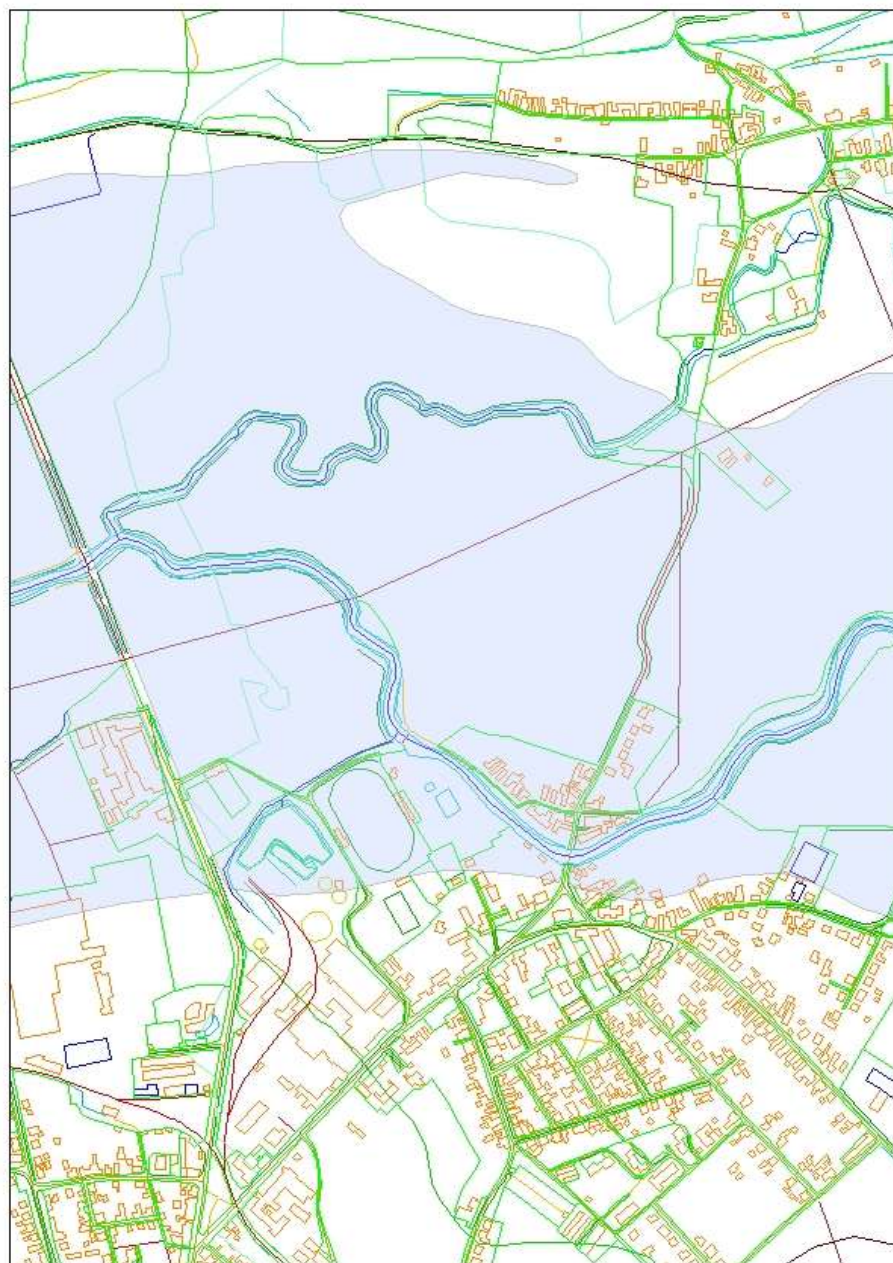


0 300 600 Meters

Q5

CICHÁ Veronika
Pardubice 2013

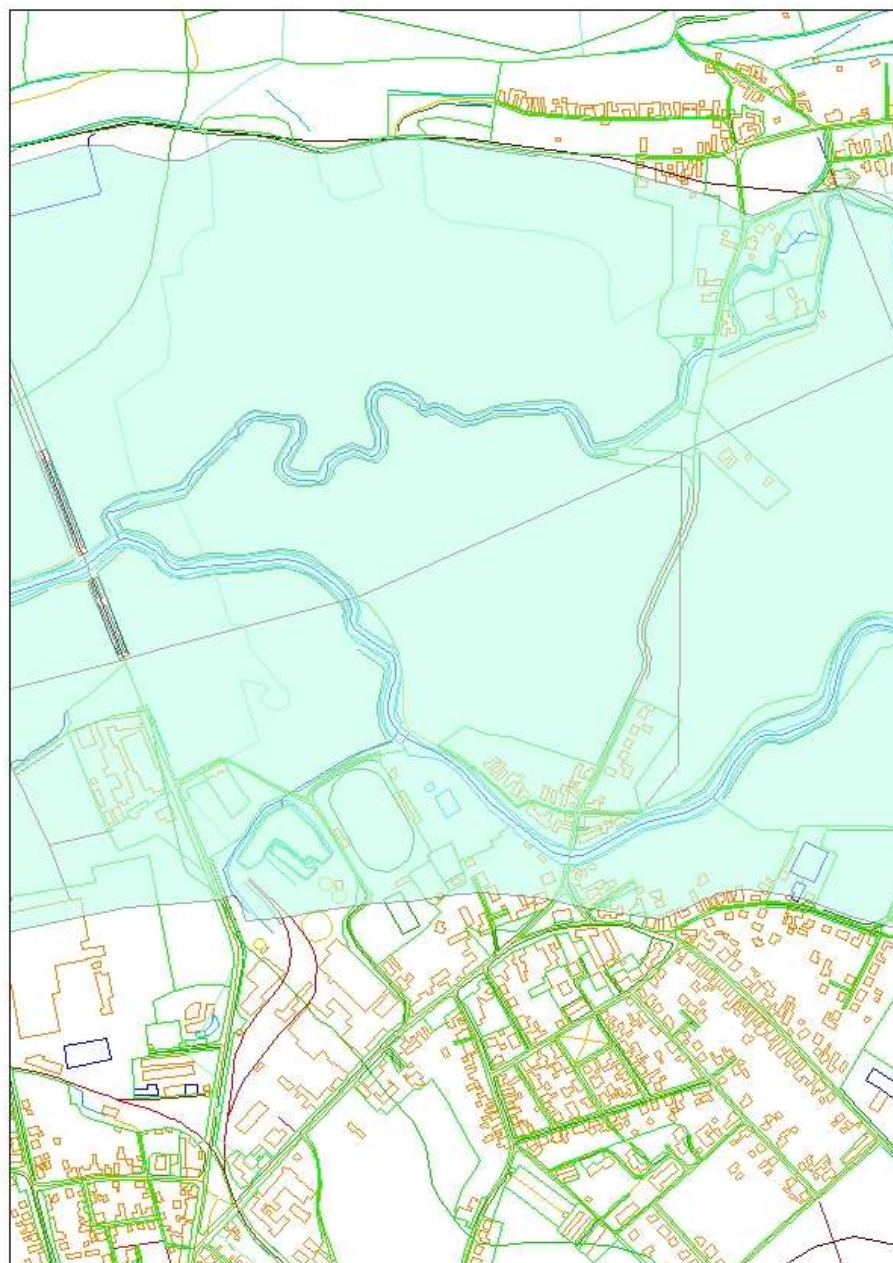
ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ V OBCI VRDY PŘI Q20



Q20

CICHÁ Veronika
Pardubice 2013

ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ V OBCI VRDY PŘI Q100

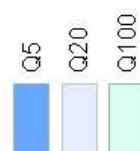
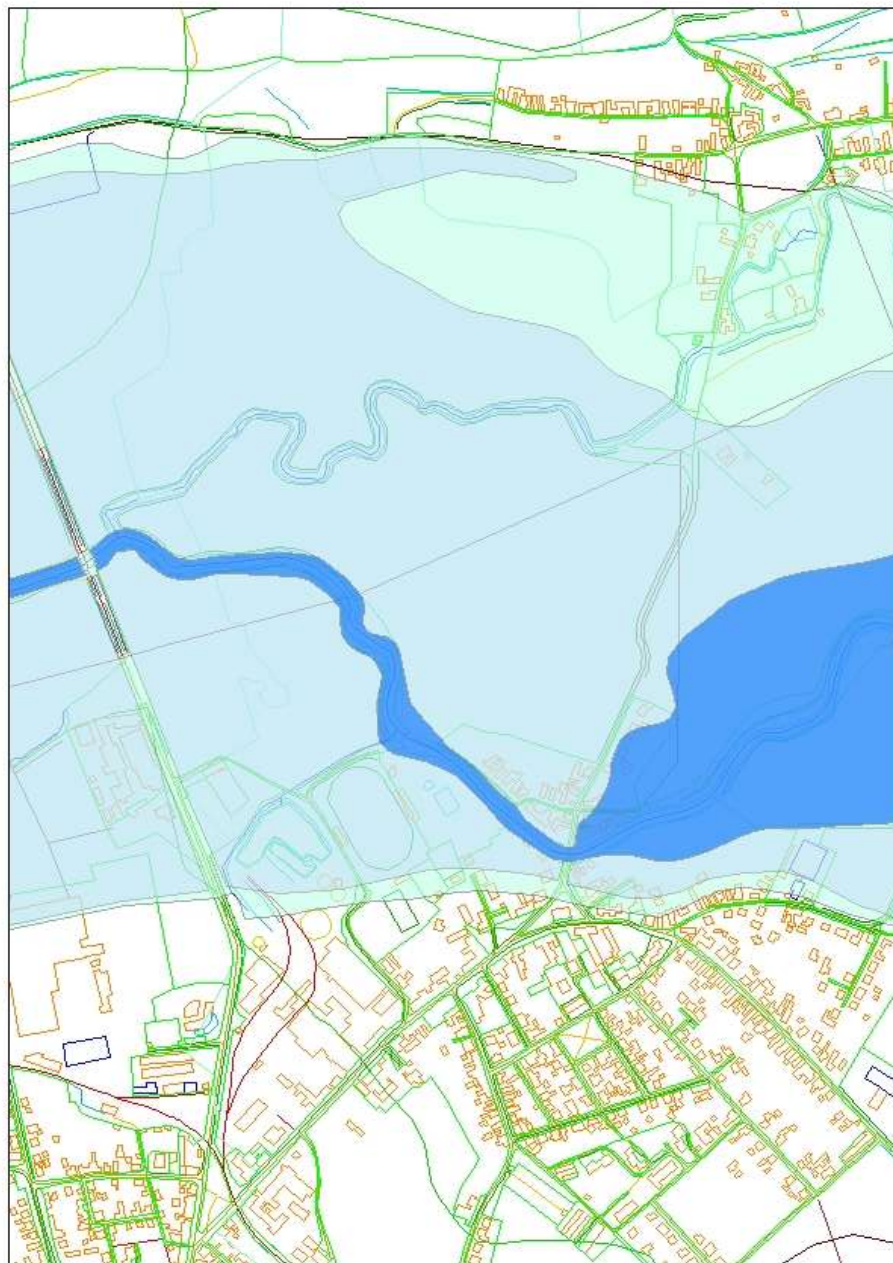


0 300 600 Meters

Q100

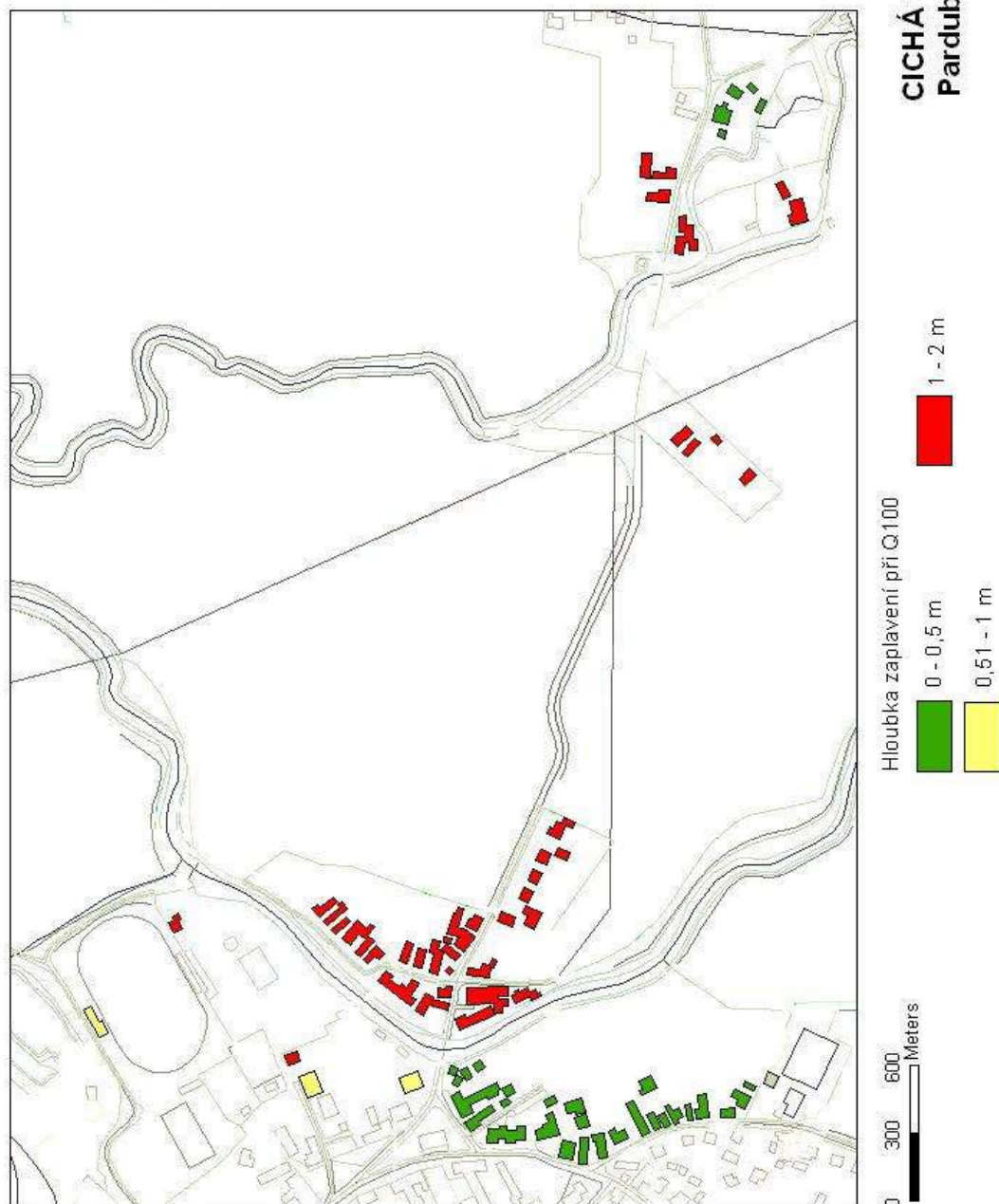
CICHÁ Veronika
Pardubice 2013

ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ V OBCI VRDY

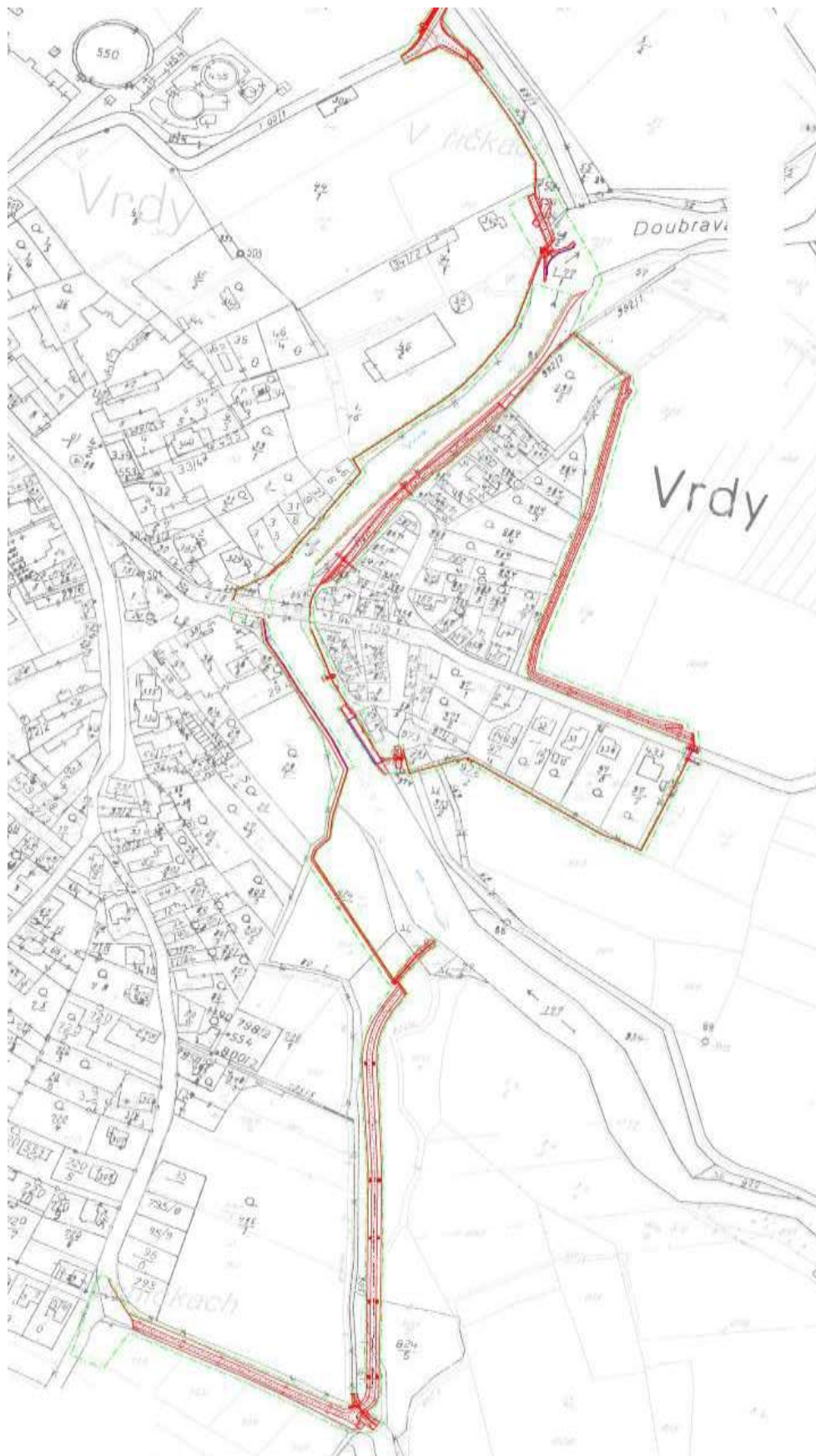


CICHÁ Veronika
Pardubice 2013

OHROŽENÉ OBJEKTY V OBCI VRDY PŘI Q100



Příloha F



Příloha G

Zkratka	Popis	Jednotka	Zdroj
D	Škoda	[Kč]	Vypočteno dle vzorců č. 7-15
D_{\min}	Minimální škoda	[Kč]	Vypočteno dle vzorců č. 7-15
D_{\max}	Maximální škoda	[Kč]	Vypočteno dle vzorců č. 7-15
A_B	Plocha zaplavených budov	[m ²]	Interní zdroj PLA, část získaná na základě analýzy ZABAGED®
A_{VB}	Plocha zaplavených budov s min. hloubkou zaplavení 0,5 m	[m ²]	Interní zdroj PLA, část získaná na základě analýzy ZABAGED®
A_{Mo}	Plocha zaplavené mostovky	[m ²]	Interní zdroj PLA, část získaná na základě analýzy ZABAGED®
A_{SP}	Zaplavená plocha sportovních ploch	[m ²]	PLA
A_{Ze}	Zaplavená plocha zemědělské půdy	[ha]	PLA
A_{PR}	Zaplavená plocha průmyslových budov	[m ²]	PLA
A_{Si}	Zaplavená plocha pozemních komunikací	[m ²]	Interní zdroj PLA, část získaná na základě analýzy ZABAGED®
L	Procentuální vyjádření poškození na budovách v závislosti na hloubce zaplavení	[%]	[48]
C	Jednotková cena 1 m ² jednoho podlaží budovy	[Kč/m ²]	Vypočteno dle [48]
rk	Redukční koeficient dle podélného sklonu dna vodního toku	[‰]	[17]
Z_{VB}	Jednotková škoda na vybavenosti budov	[Kč/m ²]	[48]
Z_{Si}	Jednotková škoda pozemní komunikace	[Kč/m ²]	Vypočteno dle [13]
Z_{Mo}	Jednotková škoda mostovky	[Kč/m ²]	[48]
Z_{SP}	Jednotková škoda sportovní plochy	[Kč/m ²]	Vypočteno dle [48]
Z_{Ze}	Jednotková škoda zemědělské plochy	[Kč/ha]	[48]
Z_P	Jednotková škoda průmyslové plochy	[Kč/m ²]	[Kč]
Z_{IS}	Jednotková škoda inženýrské sítě	[Kč/m]	[48]