

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA V LIBERCÍ A OKOLÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JAROSLAV HÁJEK

OBOR VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

ING. RADEK ROUB, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Hájek

Krajinářství
Vodní hospodářství

Název práce

Protipovodňová ochrana v Liberci a okolí

Název anglicky

Flood protection measures in Liberec and its surroundings

Cíle práce

Charakteristika s historickými povodněmi a obecný popis protipovodňových opatření. Sestavení přehledu protipovodňových opatření v Liberci a okolí v návaznosti na povodně, které proběhly v posledním čtvrtstoletí.

Metodika

Vymezení základních pojmů

Obecná charakteristika protipovodňových opatření

Protipovodňová opatření v Liberci a okolí

Financování protipovodňových opatření

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran + přílohy

Klíčová slova

průtok, povodeň, hladina, povodňový plán

Doporučené zdroje informací

Povodně a změny v krajině

Povodňové škody a nástroje k jejich snížení

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. §70/1.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Protipovodňová ochrana v Liberci a okolí " jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

v Praze dne 30.3.2021

Poděkování

Chtěl bych vyjádřit poděkování vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za spolupráci, toleranci a poskytnutí potřebného času k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a přítelkyni za podporu a trpělivost.

Protipovodňová ochrana v Liberci a okolí

Abstrakt

Tato bakalářská práce vymezuje základní pojmy, týkající se ochrany obyvatelstva před povodněmi. Práce dále pojednává o povodňových rizicích a prevenci. V práci je zpracována rešerše historických povodňových situací v České republice za posledních 25 let. Obecný přehled protipovodňových opatření a rozebrané povodňové plány v Liberci a okolí a zdroje financí na tato opatření.

Klíčová slova: Povodeň, Průtok, Ochranné hráze

Flood protection measures in Liberec and its surroundings

Abstract

This bachelor thesis defines the basic concepts related to the protection of the population against floods. The work also discusses flood risks and prevention. In this work we process historical flood situations in the Czech Republic for the last 25 years. Municipal overview of anti-flood measures and analyzed flood plans in Liberec and its surroundings and sources of funding for these measures.

Keywords: Flood, Flow rate, Protective dike

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Povodeň	3
3.1	Druh povodní	3
3.2	Stupně povodňové aktivity	4
3.3	Škody způsobené povodněmi	5
3.4	Dokumentace „Vyhodnocení povodní“	5
3.5	Historie povodní v České republice	6
3.5.1	Povodně v roce 1997	6
3.5.2	Povodně v roce 2002	7
3.5.3	Povodně v roce 2006	8
3.5.4	Povodně v roce 2009	9
3.5.5	Povodně v roce 2010	12
3.5.6	Povodně v roce 2013	13
4	Protipovodňová opatření	16
4.1	Technická opatření	17
4.2	Netechnická opatření.....	20
5	Výběr zájmové lokality a charakteristika protipovodňového opatření.....	24
5.1	Charakteristika povodí řeky Lužická Nisa	24
5.2	Charakteristika města Liberec.....	25
5.2.1	Technická protipovodňová opatření ve městě Liberec	26
5.3	Charakteristika povodí řeky Smědé	31
5.4	Charakteristika města Frýdlant	32
5.4.1	Technická protipovodňová opatření města Frýdlant.....	33
5.5	Charakteristika obce Višňová.....	34
5.5.1	Technická opatření obce Višňová	35
6	Programy na budování protipovodňových opatření v ČR	39
6.1	Program „Prevence před povodněmi“	39
6.2	Operační program „Životní prostředí“	40
7	Metodika	42
8	Diskuze a závěr	43
9	Literatura	44
9.1	Odborná literatura.....	44
9.2	Legislativní zdroje.....	46
9.3	Internetové zdroje	46
9.4	Ostatní zdroje.....	48
10	Seznam obrázků	50
11	Seznam příloh	52
12	Seznam tabulek.....	53
13	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Voda neodmyslitelně patří k lidskému životu, protože bez ní by na naší planetě žádný život nebyl. Životadárná voda se ale může poměrně rychle přeměnit na ničivou sílu, která člověku může sebrat všechnu majetek, ublížit mu na zdraví nebo dokonce vzít život. Povodním jako takovým nelze v každém jednotlivém případě zabránit, protože vznikají na základě přírodních jevů, které jsou přirozenou součástí koloběhu naší planety. I přesto, že nelze každé povodni zabránit, můžeme se snažit snížit jejich dopady na minimum pomocí odpovídajících protipovodňových opatření (PELTAN 1997).

Za posledních 30 let lidé zažili ničivé povodně snad ve všech částech České republiky. Začínaje povodněmi v roce 1997, které se řadí mezi nejvíce tragické. Upozornily vládní úřady na potřebu změn v oblasti vládní legislativy a nastavení protipovodňových opatření, a poskytly podnět k odstranění největších nedostatků. Právě kvůli podniknutí těchto kroků se snížily škody způsobené dalšími povodněmi. Dalšími velmi tragickými povodněmi jsou povodně z roku 2002, u kterých byl zaznamenán rekordní průtok v Praze a vyznačovali se extrémně dlouhým trváním. Pro severní Čechy byly nejvíce ničivé povodně v roce 2010, kde voda zasáhla více než 100 obcí. Po těchto událostech se rapidně začala řešit protipovodňová opatření v poškozených oblastech (Křížek a Engel 2007).

Cílem této práce je sestavit přehled a rozebrat protipovodňová opatření v Liberci, Frýdlantu a Višňové. V úvodu práce čtenář nalezne popis povodní a historii povodní v České republice. Na mé zájmové území měli největší dopad povodně z roku 2010, které zanechali největší škody ve městě Frýdlant právě proto, že řeka Smědá tímto městem protéká. V další části se čtenář dozví o protipovodňových opatřeních, která jsou rozdělena na technická, do kterých patří např. ochranné hráze nebo retenční opatření, a netechnická, do které spadají např. územní plánování či varovné systémy. Ve čtvrté části práce stručně charakterizují zájmové území a povodí dvou největších řek v severních Čechách. Dále se v této kapitole věnují rozboru technických opatření, a to jak stávajícím, tak i budoucím. V kapitole šesté se věnují programům na financování protipovodňových opatření. Zejména programu „Prevence před povodněmi“, ve kterém je právě aktivní třetí etapa, která se především věnuje dokumentacím pro stavební a územní řízení, a také protipovodňovým opatřením s retencí podél vodních toků. Dále v této kapitole najdeme i program „Operační program Životní prostředí“, který se věnuje vodě jako celku v oblasti 1 kam patří i protipovodňová opatření. V závěru práce se pokusím shrnout a vyhodnotit získané poznatky.

2 Cíl práce

Charakteristika s historickými povodněmi a obecný popis protipovodňových opatření. Sestavení přehledu protipovodňových opatření v Liberci a okolí v návaznosti na povodně, které proběhly v posledním čtvrtstoletí.

3 Povodeň

Pod pojmem povodeň, si představujeme vylití vody z území koryta a následné ohrožení životního prostředí, majetku, i osob. Dle zákona č. 254/2001 sb., o vodách a o změně některých zákonů, se rozumí pod pojmem povodeň, jako přechodné stoupnutí hladiny vodního toku, při kterém se voda vylévá mimo území koryta. Vznik povodní je různý, např. přirozená povodeň je způsobena přírodními jevy, což zahrnuje tání ledu, dešťové srážky či chodem ledu. Povodně se stávají i pomocí jiného vlivu než přírodními jevy a ty se nazývají jako zvláštní povodně, mezi ty patří např. havárie na vodním díle či nouzové řešení kritické situace na vodním díle (Zákon č. 254/2001 Sb.). Povodeň je hydrologický jev, který je způsobován extrémním projevem počasí. Na území ČR je ve větší části způsobovány především z dlouhodobých dešťů poté vznikají tzv. regionální povodně. Naopak z kratších dešťů, které spadnou na menší území vznikají tzv. lokální přívalové povodně. Povodně v ČR mají převážně vznik těchto druhů. Z menší části se u nás vyskytují i povodně z tání ledu či ledových jevů na vodních tocích. Povodeň je jev, kterému nemůžeme zabránit. Můžeme pouze snížit riziko ohrožení na životech, majetku a zničení krajiny. Jedním z důsledků za poslední dobu bylo oslabení opatrnosti proti povodním v posledních desítkách let, protože poslední těžké povodně se objevily na konci 19. stol.. Z velké části za ničivostí pár posledních povodní bylo i to, že se začíná zastavovat území i v území, které je v záplavové části toku. Velký rozvoj výstavby přehrad a úprav vodních toků se částečně zmírnilo následky menších povodní. To vedlo ke snížení vnímání na povodňové nebezpečí. Velkou částí snížení vnímání tohoto nebezpečí se projevily právě v těchto posledních 20 letech. Např. Morava a Slezsko v roce 1997 Praha v roce 2002 nebo také v Libereckém kraji v roce 2010 a další (Weyskrabová 2011).

3.1 Druh povodní

Dělení povodní v ČR:

- **Povodně z tání sněhu** - vznikají hlavně v zimním a jarním období. Hlavní důsledky jsou nadměrné množství sněhové pokrývky, zima bez dílčích tání, promrzlá půda pod sněhovou pokrývkou, rychlé oteplení s teplotou nad bodem mrazu (i v noci) a dešťové srážky během oteplení. Vyskytují se především nižších či středních nadmořských výškách.
- **Ledové povodně** - Ledové povodně, jsou nejčastěji při oblevě, kdy vodní kry jsou unášeny proudem. Při zabarikádování užšího místa toku či při zámrazu dochází k zabarikádování toku a vzduť hladiny, která zaplavuje území. V ČR se jedná o lokální zaplavení a méně časté

- **Letní povodně** - vychází z letních nekolikadenních intenzivních dešťů, které nasytí půdu tak že půda není schopna absorbovat a zadržovat více vody poté vznikají povodně. Tento typ povodně se netýká pouze malých či středních toků, ale i velkých řek, které se rozlévají do mimo říční území. Trvání záplavy tohoto území se pohybuje v řádu dnů. V ČR můžeme vzpomenout na povodně v roce 1997 či 2002 nebo 2010.
- **Letní přívalové povodně** - Letní přívalové povodně krátkodobé a velmi intenzivní deště na menší ploše, tak velký přísun srážek není schopna půda absorbovat a voda odtéká po povrchu. Tyto povodně zasahují menší plochy, ale ničivá síla této povodně z důsledku rychlosti vody je velká a způsobuje velké škody jak na majetku, tak i na přírodní kultuře. U nás například v roce 2008 na Jičínsku nebo v roce 1998 na Rychnovsku.
- **Zvláštní povodně** - Zvláštní povodně jsou tvořeny haváriemi na vodních dílech např. protržením hrází rybníků nebo přehrad. Jsou velmi nebezpečné zejména rychlostí a ničivou silou vlny. Naopak u nás je to výjimečné. Největší katastrofa tohoto typu byla v roce 1916 protržením přehrad na Bílé Desné v Jizerských horách (ČHMÚ 2012).

3.2 Stupně povodňové aktivity

Stupni povodňové aktivity dle §70 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, se pro účely tohoto zákona rozumí míra povodňového nebezpečí vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném povodňovém plánu.

- První stupeň (stav bělosti) – Tento stav, platí při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny takového nebezpečí. První stupeň je při vydání výstražné informace ČHMÚ, při které je potřeba dbát zvýšenou hladinu vodního toku nebo jiného zdroje povodňového nebezpečí. Zahajuje činnost hlásná a hlídková služba; na vodních dílech nastává tento stav při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností, jež by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně
- Druhý stupeň (stav pohotovosti) – nastává tehdy, když nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň, ale nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto. Uvádějí se do pohotovosti povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, začínají se s přípravou na zabezpečovací práce, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.
- Třetí stupeň (stav ohrožení) - se vyhláší při bezprostředním nebezpečí nebo vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetku v záplavovém

území. Provádějí se povodňové zabezpečovací práce podle povodňových plánů a podle potřeby záchranné práce nebo evakuace a také nouzové opatření (Zákon č. 254/2001 Sb.).

3.3 Škody způsobené povodněmi

Škody dělíme na 3 základní typy na škody na životním prostředí, což jsou tzv. škody ekologické, dále na škody na majetku tzv. škody ekonomické a na závěr ty nejhorší ztráty na životech. Ztráty na životech v průběhu povodně jsou způsobeny především selháním informačních a varovných systémů, nebo nedisciplinovaností a individuálním podstupováním rizika ze strany jednotlivců. Např. v roce 1997 při povodních zahynulo 60 obětí, poté byly povodně v roce 2002 při této povodni zahynulo „pouze“ 19 obětí dále při povodních v roce 2010 zahynulo 5 obětí. Z toho vyplývá, že varovné systémy a spolupráce povodňových a krizových orgánů výrazně zlepšili od roku 1997. Rovněž preventivní mechanismy (např. projednávání povodňových plánů obcí, individuální povodňové plány obyvatel, školení povodňových orgánů aj.) se začaly uplatňovat důsledněji (Weyskrabová 2011).

3.4 Dokumentace „Vyhodnocení povodní“

Cílem této dokumentace je vytvořit záznam o průběhu povodně, o provedených protipovodňových opatření, o příčině vzniku a velikosti škod a o jiných okolnostech souvisejících s povodní. K tomu zejména slouží záznamy v povodňové knize, průběžný záznam vodních stavů a orientačních hodnot rychlostí a průtoků, průběžný záznam údajů o provozu vodních děl ovlivňujících průběh povodně, označování nejvýše dosažené hladiny vody, zaměřování a zakreslování záplavy, monitorování kvality vody a možných zdrojů znečištění, fotografické snímky a filmové záznamy, účelový terénní průzkum a šetření. Povodňové orgány obcí a obcí s rozšířenou působností a účastníci ochrany před povodněmi, jimž je to zákonem uloženo, zpracovávají zprávu o povodni, při které byla vyhlášena povodňová aktivita, došlo k povodňovým škodám nebo byly prováděny povodňové zabezpečovací a záchranné práce. Povodňové orgány provádějí vyhodnocení povodně, které obsahuje rozbor příčin a průběhu povodně, popis a posouzení účinnosti provedených opatření, věcný rozsah a odborný odhad výše povodňových škod a návrh opatření na odstranění následků povodně. Evidenci vyhodnocených povodní zajišťují správci povodí a z hlediska hydrologického Český hydrometeorologický ústav. Zprávy o povodni jsou předávány k využití vyššímu povodňovému orgánu a k evidenci správci povodí (Zákon č. 254/2001 Sb.).

3.5 Historie povodní v České republice

Za posledních 30 let se Českou republikou prohnalo 6 velkých povodní. První hned v roce 1997, která se řadí mezi nejvíce tragické. Další v roce 2002 s rekordním průtokem Prahou, který dosahoval hodnot Q_{1000} . Poté v roce 2006, které vznikly z extrémně velké sněhové pokrývky. Následoval rok 2009, ty byly způsobeny rekordně dlouhými dešti. A následně roky 2010 na severu České republiky a 2013 zasáhly 10 krajů a skoro 40% obyvatel České republiky (ČASOPIS 112 2015).

3.5.1 Povodně v roce 1997

V roce 1997 došlo k prvním velkým povodním v novodobé historii v ČR. Především na řekách Morava a Odře. Dokonce se udává, že tyto povodně patří do katastrofy evropských rozměrů. Povodňová vlna zasáhla i naše sousedy Polsko, Slovensko, Německo i Rakousko (ČHMÚ 1999).

Příčiny vzniku povodní 1997

Příčiny těchto povodní byly dvě vlny srážek, první vlna srážek se odehrála 6.7. – 8.7. 1997, kdy právě 6.7. byla překonána hranice 200mm za den hned na čtyřech stanicích. Dne 8.7. se tato hranice překonala pouze na jedné stanici. Poté přišel týden se slabými srážkami od 9.7.1997 do 14.7. 1997, kdy se naměřilo nejvíce 40mm/den. Druhá vlna srážek přišla od 17.7. do 21.7. 1997. Srážky ve druhé vlně dosahovaly cca 30%-50% té první srážkové vlně. Největší množství srážek ve druhé vlně bylo naměřeno dne 19.7.1997, kdy se naměřilo na třech stanicích srážky přes 100mm/den (ČHMÚ 1999).

Průběh povodní 1997

Během první srážkové vlny se na povodní Odry zvedly hladiny o přibližně 2-6m. Průtoky se kulminovaly na horských tocích 7.7. a níže poté 8.7. . Například v Bohumíně byl naměřen průtok Odry $2160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což byl přesáhnuty Q_{100} . Na povodí horní Moravy hlavní vzestup hladin byl 7.7., který činil 2-6 m na toku Morava a na přítocích činil vzestup 1-4 m. Na střední a dolní Moravě se vytvořila extrémní povodňová vlna, což vytvořilo souvislou řeku mimo korytu a ochranné hráze. Díky tomuto rozlivu byl postup vlny neočekávaný a nepředvídatelný. Vlna trvala do 9.7. 1997. zachytila se o násyp železniční tratě, který se protrhl a vytvořila se vlna o průtoku $900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Díky druhé vlně srážek se prodloužilo doba trvání záplav a také díky splnutí obou vln. Rozlivy mezi Kroměříží a Strážnicí dosáhly cca 170 mil. m^3 . Na horním povodí Labe nastal vzestup toků 6.7. 1997. Hladiny toků se stouply cca o 1-2 m, a v povodí Orlice o 2,5-4,5 m. Kulminační průtoky na horním povodí Labe až do Hradce Králové

dosahovaly až ke Q_{100} . Díky činnosti nádrží byly průtoky zmenšeny. Průtok pod Hradcem Králové dosahoval přibližně k $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (přibližně průtok Q_{20}) (ČHMÚ 1999).

Škody po povodni 1997

Při této povodni umřelo přes 60 lidí a bylo zasaženo přes 4000 bytových jednotek, u kterých byla narušena statika a přes 1400 bytových jednotek bylo zničeno. Celkové škody byly vyčísleny na 63 miliard korun. Povodeň ukázala nepřipravenost a selhání různých státních orgánů, organizací i institucí. K ničivosti těchto povodní přispělo hlavně neudržování koryt, která byla ve špatném stavu, v mnoha podnicích byly porušovány bezpečnostní předpisy a v prvních dnech tomu dopomohl i kolaps výstražných systémů. I přes tyto smutná fakta, tato povodeň přinesla i jeden pozitivní efekt. Díky povodni v roce 1997, došlo ke změnám legislativy, nastavení protipovodňových opatření a odstranění největších nedostatků v celé ČR. Kvůli tomu došlo ke zmírnění následků povodní v roce 2002 (Křížek a Engel 2007).

3.5.2 Povodně v roce 2002

Povodně 2002, se řadí mezi nejtragičtější katastrofy u nás, tisíciletá voda znepríjemňovala život v Praze déle než týden. Evakuaci z domovů zažili lidé ze čtvrtí Karlín, Malá Strana, Staré Město či Holešovice. Hydrologové nebyli schopni ani změřit průtok Prahou (Hrabica 2018).

Příčina vzniku povodní 2002

Srpen 2002, kdy přes zasažené území se prohnaly dvě tlakové níže s mimořádnými srážkami, a to nejen vydatnou intenzitou, ale také velikostí zasaženou plochou a dobou trvání. Velkým problémem bylo, že v roce 1997 se tyto podobně velké srážky rozdělily do dvou povodí. Což znamená, že voda odtékala do dvou moří. V této situaci voda odtékala pouze v jednom povodí, a to povodí Vltavy. Naměřené srážky první vlny 6.-7.8. dosahovaly i hodnot přes 250 mm. V období 8.-10.8. mezi první a druhou vlnou se nad Českem objevovaly spíše lokální srážky s úhrnem 30-50 mm. Poté se dostavila druhá vlna srážek, která se pohybovala od západu k východu. Naměřené hodnoty se dostávaly výjimečně přes 100 mm. Na povodí Vltavy se naměřilo srážky v rozmezí od 80 mm do 100 mm (Povodí Vltavy 2003).

Průběh povodní 2002

Povodeň byla rozdělena do dvou vln přívalových dešťů. První vlna byla ovlivněna přehradním systémem na Vltavě. Nádrže pohltily vodu a dala čas se připravit a zmírnit ničivost povodní. Oproti druhé vlně srážek, která přišla o 3 dny později, už neměly žádný vliv díky plnosti nádrží. Velký vliv mělo i nasycení půdy v jižní a západní části ČR, který se odhadovalo na 200 % - 400 % normálního stavu. Na většině toků, v povodí Vltavy nad vodním dílem Orlík, bylo

během těchto povodní naměřen kulminační průtok Q_{50} až Q_{100} , místy i Q_{500} . Dokonce kulminační přítok do nádrže Orlík byl odhadnut, dle hydrologického vyhodnocení jednotlivých přítoků a bilančního řešení, na hodnotu $3900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento přítok se řadí mezi mimořádný, protože odpovídá hodnotám Q_{1000} . Na území pod vodním dílem Orlík, došlo k redukci maximálního odtoku na hodnotu $800-900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, díky transformačnímu efektu vodního díla Orlík. V Praze v Chuchli, na spojení Vltavy a Berounky, se nahromadila voda o průtoku $5160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, srovnání s normálním průtokem Vltavy Prahou, který činí $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento povodňový průtok byl vyhodnocen jako $Q_{500-1000}$. Veškerá voda se prohnala Prahou, kde způsobila největší škody (Povodí Vltavy 2003). Díky těmto dvěma velkými povodněmi z roku 1997, 2002 se začaly o tuto problematiku zabývat i velké instituce a různé úřady. Lidé si začali uvědomovat, že nejsou v bezpečí vůči tomuto přírodnímu jevu (Daňhelka 2004).

Škody po povodni 2002

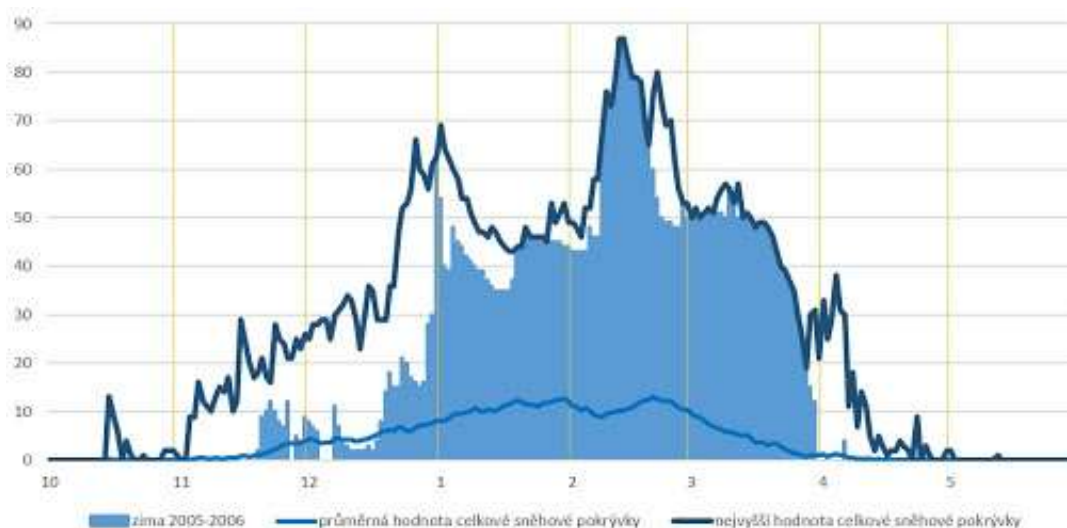
Zasažené území, který odpovídá 17 tis. km^2 , byla odhadnuta škoda na 73,14 miliardy Kč. Postihnuto bylo na tomto rozloze 986 obcí a zasáhlo to 3,2 mil. obyvatel v 10ti různých krajích. Nejvíce zasažené byly komunikace a mosty, kde se škoda vyšplhala až na 6,2 miliard Kč. Na druhém místě největších škod jsou budovy, škoda se tam vyšplhala až na 6 miliard Kč. Další nejvíce postižené bylo pražské metro (cca 6 mld. Kč), poté rodinné domy (3 mld. Kč), železniční infrastruktura (cca 2,4 mld. Kč) a další (MŽP 2005).

3.5.3 Povodně v roce 2006

Povodně ze začátku roku, které se datují na 25.3. 2006. Nejvíce zasáhly toky Dyje, Moravy, Sázavy a Lužnice. Na těchto místech došlo k přesažení průtoku Q_{50} a to na toku Dyje a Moravy dokonce i Q_{100} . Povodně se vyznačovaly dlouhotrvajícími povodňovými stavy, které trvaly více než 10 dní. Povodeň považujeme za extrémní z hlediska množství proteklé vody (Štěpánková 2006).

Příčiny vzniku povodní 2006

Povodně v roce 2006 byly způsobeny především táním sněhu s dopomocí srážek. Sněhová pokrývka byla nadprůměrná zimu 2005/06. V březnu roku 2006, doprovázelo tání také srážky, které dosahovaly průměru 3 mm. S kombinací oteplení a tání sněhu, které dosahovalo v tomto období až 13 mm/den, mělo za následek dlouhé trvání povodně (Štěpánková 2006).



Obr.1 - Výška sněhové pokrývky v zimní sezóně 2005-2006 (výškové data v cm) Autor: PAVEL LIPINA

Průběh povodní 2006

Vysoká sněhová pokrývka se srážkami způsobila povodeň se dvěma výraznějšími vrcholy. Výraznější zvýšení průtoků nastalo 26.3. s kulminací od 28.3. do 1.4. 2006. Hlavním znakem těchto povodní je jejich trvání. Povodňové stavy trvaly 10 dní, díky kolísání průtoku ve dne a v noci. Nejvíce bylo zasaženo povodí Moravy, kde byly naměřeny průtoky Q_{100} v 7 vodoměrných stanicích a na povodí Labe pouze v jedné. Průtoky dosahovaly hodnot Q_{20} , které byly naměřeny v 65 vodoměrných stanicích po celé ČR (Štěpánková 2006).

Škody po povodni 2006

Škody se vyšplhaly až na hodnotu 6 mld. Kč a zesnulo 9 obětí. Postiženo bylo 799 obcí a v sedmi krajích bylo nutné vyhlásit stav nebezpečí. Nejvíce postižený byly kraje Jihomoravský a Středočeský, zde škody dosáhly hodnot 1 mld. Kč. Nejvíce při této povodni byla zasažena dopravní infrastruktura a vodní hospodářství. Na rozdíl bytový fond od roků 1997,2002 byl zasažen méně (Štěpánková 2006).

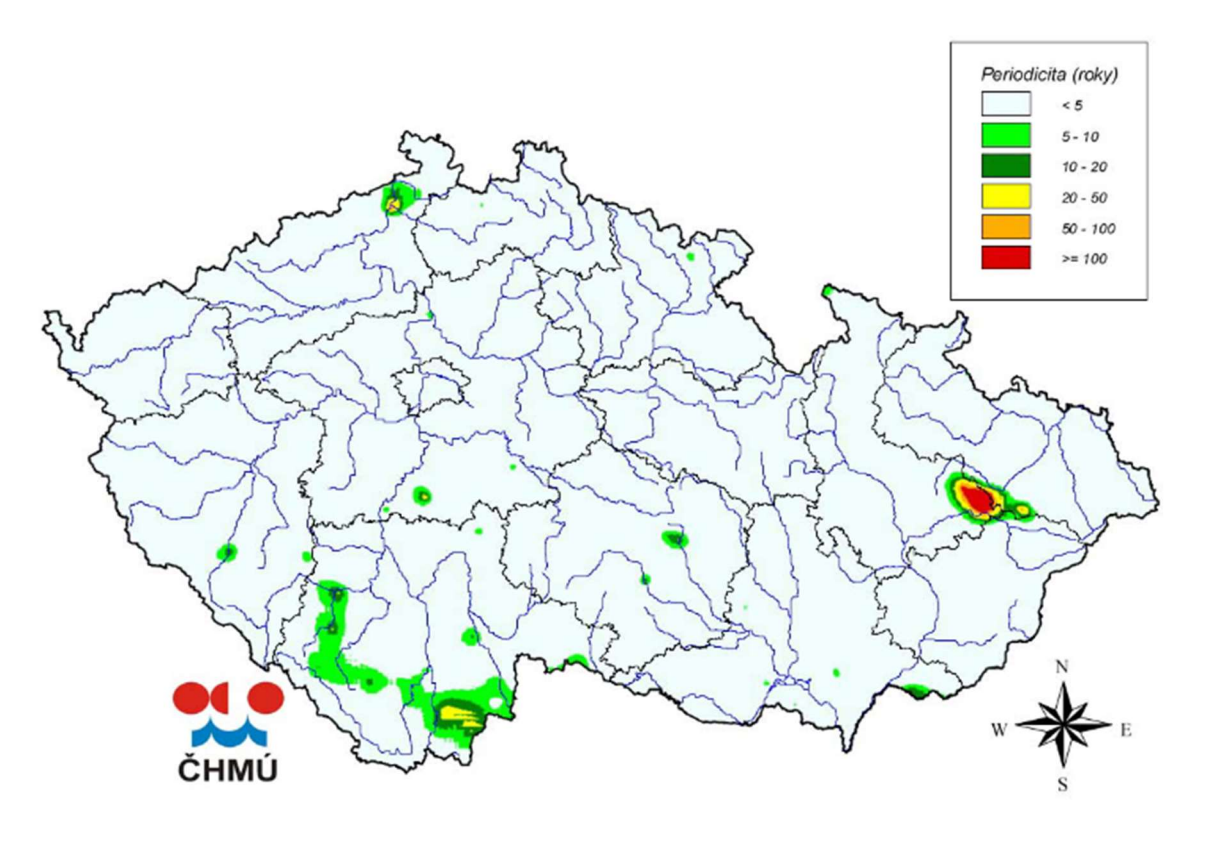
3.5.4 Povodně v roce 2009

Povodně na přelomu června a července 2009, měly za následek především přívalové deště, které způsobily značné materiální škody. Povodně měly mimořádný charakter i průběh této povodně. Zasažená povodí Luhy a Jičínský, kde se použila pro vyčíslení škod Metodika tvorby

map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Díky těmto povodním, byla přinesena otázka zda nezměnit metodiku pro tento typ povodní (Drbal a kol., 2009).

Příčiny vzniku povodní 2009

Povodně 2009 způsobeny extrémně dlouhými přívalovými srážkami, které trvaly 14 dní. V ČR od roku 1946 byly nejdelší přívalové srážky 8 dní, a to pouze 2krát od toho roku. V průměru v ČR, tyto srážky trvají 3-4 dny. Postupně tyto deště přešly do lokálních ohnisek, které úřadovaly především na Šumavě a na Moravě. Celkový největší úhrn srážek byl naměřen na Šumavě a zastavil se na hodnotě 331,3mm a na Moravě celkový úhrn srážek činil okolo 230 mm (Kubát a kol 2009a).



Obr. 2. - Periodicita maximálních denních úhrnů srážek v období 20.6.2009 – 6.7.2009 Zdroj: (Kubát a kol 2009a).

Průběh povodní 2009

Srážky, které se vyskytovaly na území ČR v tomto období, způsobily za 14 dní jejich trvání výrazný vzestup hladin a přivalové povodně. Postižené území bylo hlavně na jihu Čech především povodí Malše, Otavy a Lužnice. Dlouhotrvající srážky vyvolaly a udržovaly stavy na vysoké míře po celou dobu trvání a to od 23. června až do 4. července 2009. Zejména na Novojičínsku, Děčínsku a Jesenicku byly kontrolovány vodoměrné stanice, kde hodnoty ukazovaly největší průtoky od existence těchto stanic. Na některých stanicích nebylo možné měřit přímo z důvodu bezpečnosti a rychlosti nástupu povodně i přes to na některých místech měření proběhlo přímo, což napomohlo s přesností a ověření výsledků průběhu měrných křivek průtoků v profilech (Kubát a kol 2009c).

Tok	Profil	Metoda vyhodn. (*)	Plocha povodí [km ²]	Q ₁₀₀ [m ³ .s ⁻¹]	Údaje k vyhodnocenému kulm. průtoku				
					den	hod SEČ	průtok [m ³ .s ⁻¹]	poměr ku Q ₁₀₀	doba opak. [roky]
Děčínsko									
Bystrá	Benešov n. Plouč.	H	51.90	27.0	4. 7.	16:40	115	4.26	>> 100
Novojičínsko									
Jičínka	Veřovice	S-O	5.28	25.1	24. 6.	18:30	21.5	0.86	50–100
Papakův p.	Mořkov	S-O	3.63	18.5	24. 6.	19:00	26.8	1.45	>> 100
Jičínka	Žilina u N. Jičina	H, S-O	37.46	106	24. 6.	20:15	170	1.60	>> 100
Zrzávka	Bludovice	H, S-O	28.97	69.5	24. 6.	20:00	135	1.94	>> 100
Zrzávka	Žilina u N. Jičina	S-O	32.80	76.4	24. 6.	20:00	145	1.90	>> 100
Luha	Bělotín	H, S-O	40.49	43.9	24. 6.	23:15	74.2	1.69	>> 100
Luha	Polouvsí	S-O	70.46	57.7	25. 6.	0:30	160	2.77	>> 100
Luha	Jeseník n. Odrou	H, S-O	93.70	67.4	25. 6.	0:50	200	2.97	>> 100
Sedlnice	Ženklaava	H, S-O	5.37	18.8	24. 6.	19:15	59.5	3.16	>> 100
Sedlnice	Nová Horka	H, S-O	59.15	74.9	24. 6.	22:30	35.5	0.47	5–10
Lichnovský p.	Lichnov	S-O	11.33	33.9	24. 6.	18:45	36.3	1.07	> 100
Tichávka	Vlčovice	S-O	26.47	65.0	24. 6.	19:45	27.3	0.42	2–5
Jesenicko									
Červený p.	St. Červená Voda	S-O	23.00	43.5	26. 6.	22:45	42.5	0.98	100
Skorošický p.	Tomikovice	H, S-O	12.85	23.3	26. 6.	22:45	47.5	2.04	>> 100
Javomický p.	Javorník	H, S-O	14.82	28.5	26. 6.	22:30	39.4	1.38	> 100
Vojtovický p.	Bernartice	H, S-O	40.18	61.5	26. 6.	23:45	97.5	1.59	>> 100

Tab. 2.1. Kulminační průtoky v nepozorovaných profilech s odhadem času výskytu a doby opakování (*) – H (hydraulický model), S-O (srážko-odtokový model) Zdroj: (Kubát a kol 2009c)

Škody po povodních 2009

Povodně si vyžádaly 13 obětí a škodu za 8,5 mld. Kč. Postiženo bylo 451 obcí, nejvíce v Olomouckém a Moravskoslezském kraji. Stejně jako u povodně z roku 2006 dopravní infrastruktura si donesla více než 3,7 mld. Kč, což činí 46 % všech škod. Vodní hospodářství zaznamenalo škody ve výši 1,4 mld. Kč, který odpovídají 17,8 % všech škod. Dále škody na bytovém fondu se vyšplhaly na 1 mld. Kč, což je 11,7 % škod (Kubát a kol 2009b).

3.5.5 Povodně v roce 2010

Rok 2010 byl rok povodní. Hned dvěma povodněmi byla zasažena Česká republika. První povodeň na jaře 2010 postihly hlavně sever Moravy a Slezska. Druhé povodně přišly v srpnu 2010. Zasáhly hlavně sever Čech a to povodí Lužické Nisy, Smědé, Ploučnice a další. Voda zasáhla více než 100 obcí (ČASOPIS 112 2015).

Příčiny vzniku povodní 2010

Povodně datované v srpnu roku 2010, přesněji 6.- 8.8. 2010, byly regionálního typu vyvolané dlouhotrvajícími srážkami. Povodně zasáhly povodí Lužické Nisy, Smědé, Ploučnice, Kamenice a dalších. Největší denní úhrny naměřeny z 6. srpna a 7. srpna dosahovaly i hodnot 179mm viz. tab. 2.2 (Kubát a kol 2010a).

Stanice	Okres	6.8.	7.8.	8.8.	suma
Bedřichov, prameny Černé Nisy	Liberec	179.5	148.8	6.6	334.9
Bedřichov, Tomšovka	Liberec	171.2	147.9	8.8	327.9
Bedřichov, Olivetská hora	Liberec	172.5	137.8	7.9	318.2
Mníšek	Liberec	128.5	160	7.1	295.6
Hejnice	Liberec	73.5	179	23.3	275.8
Chrastava	Liberec	93.4	135.5	7.8	236.7
Bedřichov	Jablonec nad Nisou	100.6	112	21.7	234.3
Bílý Potok	Liberec	41.2	132.1	18.3	191.6
Liberec	Liberec	66.6	98.9	21.9	187.4
Hejnice, Knajpa	Liberec	42.9	123.9	18.9	185.7
Bedřichov, Nová louka	Jablonec nad Nisou	59.6	98.2	17.7	175.5
Nové Město pod Smrkem	Liberec	27	138.2	5	170.2
Chotyně	Liberec	60.4	1 1.6	1.8	163.8
Mařenice	Česká Lípa	32.3	124.2	5.6	162.1
Kytlice	Děčín	52.3	99.8	5.6	157.7
Chříbská	Děčín	28.3	119.7	2.6	150.6
Česká Kamenice	Děčín	28	112.5	2.8	143.3
Křižany	Liberec	33.7	90.6	11.7	136
Mímoň	Česká Lípa	32.5	100.3	2.8	135.6
Mímoň	Česká Lípa	32.5	100.3	2.8	135.6
Děčín, Těchlovice	Děčín	31.1	97.1	3.3	131.5
Lobendava	Děčín	21.7	108.4	0.7	130.8
Jablonné v Podještědí	Česká Lípa	30.4	97.3	2	129.7
Česká Lípa	Česká Lípa	31	83.6	12.9	127.5
Stráž pod Ralskem	Česká Lípa	23.6	99.8	2	125.4

Tab. 2.2. Přehled největších úhrnů za dny 6.-8. srpna 2010

Zdroj: (Kubát a kol 2010a)

Průběh povodní 2010

Tyto srážky dlouhotrvajícího typu s kombinací přivalových dešťů mělo za důsledek rychlé zvednutí hladin toků, kde například na Kamenici už 7.8. v odpoledních hodinách naměřili průtok s hodnotou více než Q_{100} . Průtok činil více než $170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v místě Hřensko. Na Lužické Nise byl naměřen průtok $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v místě Hrádek nad Nisou. V Liberci nepřesáhl průtok Q_2 ,

což bylo ovlivněno hlavně vodní nádrží Bedřichov. Extrémní povodeň byla na povodí Jeřice, kde hodnoty přesáhly 7.8.2010 více než Q_{100} během první povodňové vlny. Díky poklesu intenzity srážek se hladina snížila, ale při nástupu druhé vlny přívalových dešťů opět stouply. Hodnoty druhé povodňové vlny přesáhly trojnásobně průtok z první vlny. O tom vypovídá i to, že na nádrži Mlýnice přetékala koruna hráze cca 30 minut (Kubát a kol 2010a).

Škody po povodni 2010

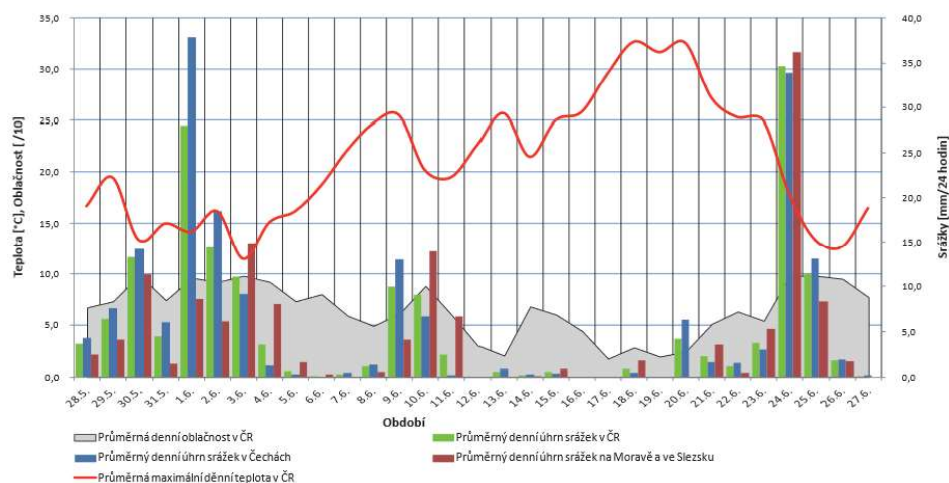
Povodně zasáhly 120 obcí v Libereckém a Ústeckém kraji, přitom zahynulo 5 lidí. Škody dosáhly hodnoty 10 mld. Kč. Přičemž více jak 80% bylo v Libereckém kraji. Největší škody zasáhly Ministerstvo zemědělství v hodnotě 2,89 mld. Kč, poté Ministerstvo dopravy 3,18 mld. Kč a dále Ministerstvo pro místní rozvoj 2,84 mld. Kč. Nejvíce zničené město Frýdlant, kde škody přesáhly 1 mld. Kč a v dalších obcích jako Chrastava a Hrádek nad Nisou byly vyčísleny škody na více než 0,5 mld. Kč každou z obcí (Kubát a kol 2010b).

3.5.6 Povodně v roce 2013

Nouzový stav byl vyhlášen pro celou Českou republiku krom dvou krajů a to Pardubický a Karlovarský. Třetí povodňový stupeň (stav ohrožení) vyhlásili na necelých padesáti místech přes noc z 1. na 2. června 2013. O den později se vyhlásil i pro Jihlavsko a Znojensko a další okresy na severu Olomouckého a Moravskoslezského kraje. (Aktuálně.cz 2013).

Příčiny vzniku povodní 2013

Rok 2013 byl meteorologicky velmi zajímavým rokem, na začátku roku leden a únor byly srážky nadprůměrné. V březnu byly normální, co se týče srážek, ale duben už byl suchý. V těchto dvou měsících panovalo velmi chladné počasí, které dokonce lámalo rekordy. V první týdny měsíce dubna byly evidovány jako nejchladnější období průměrných týdenních teplot od roku 1912.



Obr.3. - Průběh vybraných meteorologických prvků za období od 28. 5. do 27. 6. 2013 Zdroj : (Daňhelka a kol 2014)

Poté opět květen a červen byly srážkové nadnormální a také teplotně podprůměrný. Jediné oteplení se dostavilo v 25. týdnu v červnu, kdy průměrná týdenní teplota přesáhla 23°C, to zlomilo další rekord jako nejteplejší týden za posledních 100 let. Další příčinou byla velmi nasycená půda na území Čech. Koncem května a začátkem června přišla velká oblačnost a četné srážky, které postihly zejména Čechy. Srážky v květnu nejvíce zasáhly na západě ČR v Karlovarském kraji, Plzeňském kraji, kde srážky přesáhly 175% dlouhodobých průměrů. Na Moravě a ve Slezsku pršelo méně. Tyto srážky způsobily první vlnu povodní na území Čech. O týden později, přesněji o 6 dní, přišlo další srážkové období s bouřkovou činností a lokálními srážkami. Poté začalo do Evropy proudit tropické počasí od jihu. Tyto srážky v druhém týdnu v červnu způsobily na některých tocích druhou povodňovou vlnu. Srážky v červnu postihly zejména Středočeský, Liberecký, Ústecký kraj. V těchto krajích byla překonána hodnota 200% dlouhodobých průměrů. Poslední srážkové období nastalo od 23.-26. června, velká oblačnost a výrazné srážky byly tentokrát rozprostřeny po celém území ČR. Po tropickém 25. týdnu (17.-23.6.) se dostavilo výrazné ochlazení. To vedlo k třetí vlně povodní v Čechách a na tocích Českomoravské vrchoviny (Daňhelka a kol 2014).

Průběh povodní 2013

Tyto povodně se řadí zatím na třetí místo nejhorších povodní u nás hned za rok 1997 a 2002. V červnu 2013 byly odtoky ovlivněny třemi obdobími srážkové činnosti a také silné nasycení půdy před těmito obdobími. Nejhorší období bylo to první z 1.6. na 2.6., při této vlně přívalových srážek na území Čech došlo k rozvodnění menších i větších toků v povodí Labe. Dokonce v některých profilech přesáhly kulminační průtoky Q_{100} . V druhém období převažovaly srážky typu lokálního a přívalového deště, které na některých menších tocích způsobily přívalové povodně, na větších tocích průtok nepřesáhl 5letý průtok. Ve třetím období byly srážky regionální, které nejvíce postihly povodí Doubravy a Chrudimky, kde dosáhl kulminační průtok až Q_{50} . Při této povodni byla nejhorší první období srážek, které rozvodnili i větší toky např. Berounka dne 4.6. dosáhla maximálního průtoky lehce pod $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, co se také projevilo na Vltavě v Praze – Chuchli, kde průtok přesáhl $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, přičemž v místě Zbraslav byl maximální průtok okolo $2200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Daňhelka a kol 2014).

Škody po povodni 2013

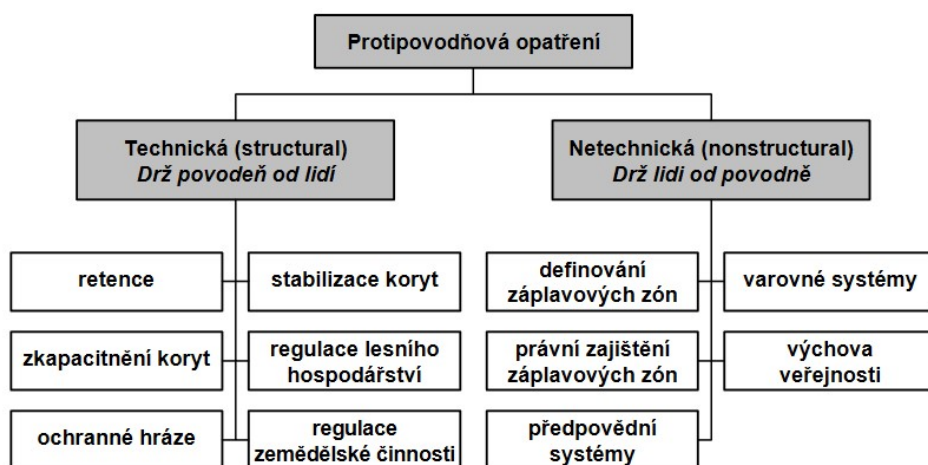
Povodně zasáhly téměř 1400 obcí z 10 krajů. Postiženo bylo území obcí o rozloze 21 633 km² a téměř 4 miliony obyvatel. Při této krizové situaci bylo zasaženo 7 tisíc obytných objektů, 66 z nich bylo určeno k demolici a to především ve Středočeském kraji. Nejvíce zasažený kraj z pohledu devastace obytných jednotek byl kraj Středočeský a Ústecký, kde to poničilo přes 4000 jednotek. Celkové náklady na obnovu území byly vyčísleny na 15,4 mld. Kč. Největší

škody pak dosáhl kraj Středočeský (více než 4 mld. Kč), Hlavní město Praha (necelé 4 mld. Kč), Ústecký kraj (3,5 mld. Kč) a Jihočeský kraj (2 mld. Kč). Nejvíce postižená obec bylo město Terezín, kde se škody vyšplhaly až na necelou 1 mld. Kč. Z pohledů resortů jednotlivých ministerstev nejvíce zasažené bylo ministerstvo pro místní rozvoj, kde cena na obnovu byla vyčíslena na více než 4,5 mld. Kč. Poté se škodami více než 1 mld. Kč se staví ministerstvo dopravy a ministerstvo práce a obchodu (Daňhelka a kol 2013).

4 Protipovodňová opatření

Přivalovým deštěm, rychle tajícímu sněhu či dalším příčinám, které způsobují povodně, nelze zabránit. Redukce povodňových škod vyžaduje kombinovanou aplikaci tří různých strategií na problém záplav. První přístup, „udržovat povodeň daleko od lidí“, má za cíl omezit povodně prostřednictvím opatření, jako je výstavba přehrad a nádrží a hráze. Kromě těchto strukturálních opatření jsou součástí této strategie také programy ochrany půdy a vody. Navzdory úspěchu v mnoha aplikacích po tisíciletí dějin lidstva se ukázalo, že tato strategie není dostatečná k úplnému zvládnutí problému, protože značné výdaje na protipovodňové práce nebyly v poslední době schopny zabránit podstatným povodňovým ztrátám. Druhý strategický přístup uznává, že jakoukoli strukturu, která bude obsahovat povodně, překonají ostatní většího rozsahu a pokusy vyhnout se využívání oblastí náchylných k povodním jako ústřední věc („udržujte lidi mimo povodně“). V současné době nelze tento jednoduchý předpis plně dodržovat, protože mnoho hodnotných změn se nachází v oblastech, které jsou pravidelně zaplavovány povodněmi. Proveditelná cesta odpovídá opatřením, jako je konkrétní zvážení souvisejících rizik na úrovni plánování, preventivní minimalizace potenciálních škod, implementace nestrukturálních opatření, jako je protipovodňová izolace jednotlivých objektů, předpovědi povodně a varování, aby se minimalizovaly možnosti poškození. A konečně, třetí strategie je založena na přijetí povodňových podmínek a soustředění se na opatření pro případ povodní s cílem minimalizovat škody a podpořit rychlý návrat k normálu po vzniku povodně. Takový přístup by se dal nazvat „přijmout povodně a poté rychlý návrat“. Určitě si lze uvědomit, že v oblastech ohrožených povodněmi je takový přístup v zásadě nevyhnutelný (ČAMROVÁ a JÍLKOVÁ a kol. 2006). Protipovodňová opatření lze rozdělit do dvou hlavních skupin:

- technická opatření
- netechnická opatření



Obr. 4. - Názorné rozdělení protipovodňových opatření (ČAMROVÁ A JÍLKOVÁ a kol 2006)

4.1 Technická opatření

Technické úpravy vodních toků do kterých můžeme řadit opatření typu překlady koryta, meliorace, zpevňování břehu, zvyšování kapacity prohlubováním nebo výstavbou protipovodňových zdí, apod. Provádí se z důvodu ochrany lidských sídel a lidského zdraví, kde nemůžeme nechat vodní tok se přirozeně vyvíjet a nebo vylévat z koryta toku. Tyto úpravy jsou přesný opak revitalizace toků. Technické úpravy toků se dnes používají z důvodu protipovodňové ochrany, zabezpečení dopravní infrastruktury, rozvoji vodní dopravy, využití vodní energie a potlačení procesu vymílání břehů v místech veřejného zájmu (PLECHÁČ 1999). Procesy rozhodování a uplatnění jsou v rámci různých profesních sektorů. Například ochrana před povodněmi, územní plánování, zmírnění škod po povodni. Dimenze opatření je založena na výpočtech odhadovaných budoucích úrovní povodní a v menší míře na základě rizikového přístupu. V minulosti vedly nádrže, hráze a obchvaty k intenzivnějšímu vývoji nivy a ztráty se zvýšily, když události překročily projektové kapacity. Násypy mají navíc tendenci dočasně a prostorově přesouvat povodňové problémy a vést k větším povodním po proudu. V důsledku toho jsou řeky zbaveny svých záplavových území, přirozené kapacity a další cenné ekosystémové služby, jako je biodiverzita nebo regulace podnebí. Tento tradiční režim protipovodňové ochrany však pomalu začíná ustupovat integrovanějším a adaptivnějším přístupům správy a řízení. Žádná strukturální protipovodňová opatření však nemohou zaručit absolutní bezpečnost (THOMAS a KNÜPPE 2016). Do těchto opatření patří například:

- **Ochranné hráze** – je lineární konstrukce, která chrání před zaplavením, přičemž alespoň část této konstrukce stoupá nad vodní hladinu. Jeho hlavní funkcí je udržovat vysokou hladinu vody během povodní a chránit tak oblasti, které jsou přirozeně náchylné k povodním. Typickým materiálem hrází původní terén s chráněnou zónou na jedné straně a korytem řeky na straně druhé. V závislosti na okolnostech je hráz postavena buď podél hlavního kanálu, nebo odsazené od řeky na záplavovém území (TURNER, 2007).
- **Retenční opatření** – Patří do skupiny aktivního opatření proti povodním. Retenční opatření můžeme dělit na řízené a neřízené. Do řízených zařazujeme například víceúčelové vodní nádrže, poldry s řízeným napouštěním a vypouštěním či zdrže pohyblivých jevů. Do neřízené retence zařazujeme rybníky, suché údolní nádrže (bez manipulace), poldry (bez manipulace), průlehy či mokřady.
- **Nádrže, Přehrady** – Konstrukce, kde je možné ukládat přebytečnou vodu, umožňuje rovnoměrnější časové rozdělení toku, a je tak jedním z nápravných opatření ke zmírnění problému povodní. Protipovodňové nádrže, také neregulované, zadržují a ukládají část povodňové vody, čímž vyrovnávají ničivý vrchol povodně. Přehrady také

kontrolují vypouštění hornin, písků a sedimentů jejich ukládáním (KUNDZEWICZ a KUNIYOSHI TAKEUCHI 1999).

Přírodě blízké opatření, na která se v minulosti tolik nedbalo, spíše se prováděly technické úpravy toků. Přednost měla opatření typu ochranných nádrží, hrází či zkapacitnění koryt toků. Některé tyto opatření vyřešila problém rychle, ale způsobila další vodohospodářské problémy, které se projevovaly níže po toku či vážné ekologické problémy (DUMBROVSKÝ a ŠÍNDLAR 2012). Proto přírodě blízkou protipovodňovou ochranu nebereme jako narušení protipovodňové ochrany technické. Tyto dva typy by měly spolu působit co nejlépe, aby se dosahovalo nejlepší ochrany zastaveného území a také pro zlepšení ekologického stavu toků. Úkolem přírodě blízkou protipovodňovou ochranu je podpora retence vody v krajině, zpomalování odtoků vody z krajiny, zpomalování rychlostí a zmírnění kulminační úrovní povodní. Napomáhá rozlivům mimo zastavené území ke zmírnění rozlivům v obcích a ve městech. Pokud jsou tyto vody zadržovány v retenčních prostorech nebo jsou budovány pro tyto vody kapacitní koryta můžeme říci, že jsou přírodě blízkého typu (JUST 2013). V dřívější době se prováděly technické úpravy typu zmenšování půdorysného prostoru koryt, potočních a říčních pásů a za plavitelných niv. Zmenšování půdorysného prostoru se nahrazovalo prohlubováním a vyhlazováním koryt z hlediska hydraulického. Nevhodná koryta, která jsou nepřírozeně velká, hydraulicky hladká či nadměrně kapacitní technicky upravená nebo také, které zrychlují odtoky, zrychlují postup povodňových vln nebo podporují koncentraci povodňových vln jsou nahrazována přírodě blízkými koryty. Revitalizace toků za účelem zpomalení a zmírnění povodňových vln se vrací spíše k původnímu půdorysnému rozsahu koryt. Zvláště k rozšiřování koryt, k obnově šířky meandrových pásů, k obnově přirozeně zaplavovaných území. Koryta přirozeně blízká přírodě jsou svými malými rozměry, velké členitosti, relativně malé průtočné kapacitě správnou volbou pro zpomalení postupu vod, koncentraci povodňových vln, navíc podporují tlumivý rozliv do nezastavených niv toků. Díky tomu je snižována rychlost a kulminace povodňových průtoků ohrožující zastavená území. Díky širšímu a mělčímu korytu se navíc umožňuje rozvoj ekologicky vzácných prostorů tj. mělčiny v korytě řeky, naplaveninové lavice, vegetací nestabilizované zóny běžného kolísání hladin a povrchy v blízkosti koryta, koryta zbavené vegetačního krytu povodněmi a podobně. Zvětšování prostoru a rozsahu v přírodně blízkých koryt a niv je výhodnější pro různé formy života vázané na vodní prostředí, ale i pro akumulaci a retenci vody v přírodě. Tato řešení provádíme většinou v primárních povodích, které jsou zasahovány přívalovými dešti, a kde stav drobných toků může ovlivnit dobu dotoku z dalších částí povodí. Díky tomu může být ovlivněna kulminace povodňové vlny vycházející z tohoto povodí. V dalších částech povodí se pak uplatňuje zejména podpora tlumivého rozlivu do niv (JUST 2018). Do těchto opatření můžeme zařadit:

- **Revitalizace** – dosud technicky upravených vodních toků ve volné krajině za účelem zpomalení postupu a koncentrace povodňových vln a podpory tlumivých povodňových rozlivů do niv.
- **Obnova přírodně blízkých území umožňující rozliv povodní** – Například, kdy ochranné hráze se nachází blízko řešeného toku a vytváří nevhodně úzký povodňový perimetr, což zapříčiňuje zmenšení území na rozliv povodňových vod. Řešením těchto nevhodných opatření je navrácení perimetru původní šíře odsazením ochranných hrází dále od toku a umožnit tak zvětšení území na rozliv povodňových vod, které se díky tomu i zpomalí.
- **Zadržování povodňových objemů v přírodě blízkých soustavách terénních sníženin vyhloubených v nivě** – U této volby můžeme zařadit například prvky po těžení stavebních písků a štěrků a vhodně rekultivovaných nebo přirozené prvky jako jsou stará ramena nebo tůň. Výhodné využití těchto prvků z důvodů své retenční kapacity nebo také jako mokřadní biotopy, či přírodní koupaliště apod..
- **Zadržování povodňových objemů ve víceúčelových, polosuchých poldrech** - Použití poldru je značná výhoda při transformaci povodňové vlny. Jde o průtočné či postranní retenční nádrže. Území, které lze uplatnit jako přírodní území, mimo povodňovou aktivitu. Využití poldru by mělo být v blízkosti zátopové plochy.
- **Rozvolňování koryt v intravilánech do přírodě blízkých tvarů** – Při tomto řešení je velkou výhodou zachování korytu svou přírodě blízkou členitostí a ekologickou funkcí. Což napomáhá i samotnému městu zaujímat zajímavý postoj do městské zeleně a tím dopomoci či zlepšit pobytové prostředí. Příkladem tohoto typu je vytvoření terénní sníženiny v území, která zvýší průtočnost a dokáže pohltit zvýšený průtok při povodni. Sníženina se provádí spíše u koryt s větší šíří.
- **Převádění povodňových průtoků přírodě blízkými ochrannými koryty mimo zastavěná území** – Při tomto řešení jde o podpurná koryta, která vedou mimo zastavěné území. V povodňové aktivitě jsou tyto koryta či kanály schopny zredukovat povodňovou vlnu, převedením nadbytečné vody mimo zastavěné území a tím také snížit škody v zastavěném území. Nazýváme to tzv. povodňové bypassy.

- **Odstraňování jezů a stupňů, které mohou nevhodně vzdouvat povodňové průtoky** – Odstranění nepotřebných či nevhodně umístěných jezů a stupňů, které zvyšují povodňové průtoky nebo ty, které podporují vznik ledových bariér a poté ledovcových povodní. Tyto jezy a stupně mohou tvořit i migrační překážky a připravují tok o přirozenou spádnost (Just a kol. 2005)
- **Doplňková a kompenzační revitalizační opatření, která zlepšují ekologické vyznění protipovodňových opatření technického rázu**

4.2 Netechnická opatření

Přes všechny tyto způsoby technického typu, existují i jiné, netechnické způsoby, jak zmírnit povodně, které člověku umožňují zvládnout povodně a snížit náchylnost ke škodám způsobené povodní nebo dokonce i žít s povodněmi, než se je marně snažit odstranit. Mezi možné prostředky patří: územní plánování, stavební předpisy, regulace zastavění povodňových oblastí, např. lužní lesy, které jsou často zaplavovány. Zdroje záplavových území jsou důležité v estetice, rekreaci, vědeckých studiích a přispívají k obnově a zlepšování mokřadů. Jako konečný prostředek lze předpokládat evakuaci lidí z ohrožených míst náchylných na povodně. Důležitým protipovodňovým opatřením je kontrola zdroje, které jsou správy povodí, např. Povodí Labe, Státní podnik, poté využití půdy, ochrany půdy, aby se minimalizoval povrchový odtok, eroze a transport sedimentů. Dalším nestrukturálním opatřením je účinný systém zmírňování povodní skládající se z předpovědi, varování, šíření, evakuace, pomoci a obnovy po povodni, které můžou podstatně snížit ztráty. Připravenost z předpovědi se zlepšuje rozvojem strategií provozu nádrží během povodní. Rovněž je nezbytné zlepšit informovanost a vzdělávání obyvatel v oblasti povodní. Regionalizace metod odhadu povodní, tj. Tvorba regionálních odhadů povodní různých návratových období, slouží k hodnocení povodňového nebezpečí a lepší připravenosti na povodně (ZBIGNIEW W. KUNDZEWICZ & KUNIYOSHI TAKEUCHI 1999). Z důvodu nerozumného rozvoje v minulosti a ke snížení povodňových rizik se uvádí tyto opatření:

- Urbanistický design, který umísťuje budovy do méně nebezpečných oblastí
- Protipovodňová ochrana, která snižuje ztráty zaplavených budov
- Prognózy a varování, které lidem a komunitám poskytnou více času na to, aby jednali s cílem snížit ztráty, zatímco se blíží voda
- Protipovodňová podpora, například armáda nebo záchranný sbor, který zvyšuje hráze, staví vodotěsné zábrany budov a odstraňuje obsah budov
- Pojištění, které kryje finanční ztráty

Tato nestrukturální opatření byly sjednoceny do správy povodní, aby se snížily náklady pro vládu na záchranu lidí, kteří riskují v záplavových území, a pro přidání ekologické hodnoty přizpůsobení v záplavových území. Byly obecně implementovány prostřednictvím předpisů a princip spravedlnosti v regulačním právu upřednostňuje jednotné národní standardy. Rovnoměrnost definovaná četností povodní však není spravedlivá, protože nivy se značně liší ve ztrátovém potenciálu (JAMES a KOROM 2001).

Zmírnění dopadu povodně na obyvatelstvo

Zmírnění dopadu povodně na obyvatelstvo je dlouhodobý a trvalý proces před výskytem katastrofy, který je zaměřen na snížení budoucích povodňových škod komunity a národa. Technicky vzato neexistuje žádné povodňové riziko, které by nebylo možné zmírnit pomocí technických opatření, ale rozhodujícím faktorem je cena. Tento proces učí lidi, jak racionálně žít s povodněmi. Aktivní a pasivní zmírňující opatření se spoléhají na zkušenosti a kapacitu lidí v případě katastrofy. Aktivní opatření zahrnují ty činnosti, které vyžadují přímý kontakt s lidmi. Zmírňující opatření se tradičně označují jako nestrukturální opatření. Nestrukturální opatření jako je připravenost, reakce, legislativa, financování, posuzování vlivů na životní prostředí, plánování rekonstrukcí a obnovy a jejich jednotlivé techniky, přímo přispívají ke snížení ztrát na životech a škod na majetku. Pořadí, ve kterém jsou zmírňující opatření uplatňována, má zásadní význam. Ideálním důsledkem by bylo nejprve rozvíjet povědomí veřejnosti, které povede k vytvoření politické vůle, následovat vypracování a přijetí zákonů a předpisů, a zadruhé navrhnout opatření ke snížení rizik, a nakonec nabídnout vzdělávání a provádět školení. Nakonec by měly být vytvořeny tržně orientované podmínky pro odvětví pojištění proti povodním, aby se potenciálně vysoké náklady na škody způsobené povodněmi rozložily na dlouhou dobu a mezi velký počet lidí. Mezi další zmírňující opatření patří snížení fyzické zranitelnosti, snížení zranitelnosti ekonomiky a posílení sociální struktury komunity. Tyto akce lze provést na úrovni jednotlivce, komunity a státu. Důležitou roli v tomto ohledu mohou sehrát také nevládní organizace, dobrovolné a sociokulturní organizace. Ačkoli nemá formální definici, lze zmírňování povodní akceptovat jako řadu opatření, která mění vystavení života a majetku povodním. Odráží holistickou povahu těchto protipovodňových opatření, která nemají strukturální povahu. Zmírňování znamená plánování, programování, stanovování politik, koordinaci, usnadnění, zvyšování povědomí, pomoc a posilování. Rozumí se také jako vzdělávání, školení, regulaci, podávání zpráv, předpovídání, varování a informování (ANDJELKOVIC 2001).

Územní plánování

Územní plánování se zaměřuje na fyzickou krajinu a činnosti, které se v krajině odehrávají. Na základě požadavků a požadavků společnosti se územní plánování snaží umístit do krajiny činnosti, jako je zemědělství, rekreace nebo průmysl, stejně jako fyzické struktury, jako jsou silnice nebo domy (TEWDWR-JONES 2001). Územní plánování lze chápat jako proces tvorby politiky, jehož prostřednictvím se zúčastněné subjekty snaží definovat a vytvářet požadované prostorové situace při definování a prevenci nežádoucích situací (VAN LEEUWEN a kol 2007). V důsledku toho lze územní plánování charakterizovat jako činnost zaměřenou na budoucnost. Podobných cílů lze dosáhnout také při plánování dopravy, řízení povodňových rizik nebo územním plánováním (HUTTER 2007). Prostorové plánování se však od těchto oborů odlišuje holistickým a integrujícím přístupem; snaží se koordinovat různé pohledávky na prostorový sektor. Například územní plánování se snaží vyvážit a pokud možno integrovat prostorové nároky na zadržování vody s nároky na rezidenční rozvoj. Interdisciplinární a komplexní přístup usiluje o prostorové plánování prostoru, které je koherentní a žádoucí z obou sektorů a více odvětvová hlediska. Kromě těchto věcných otázek termín „prostorový“ také souvisí s procedurálními hledisky, například o tom, jak by měly být navrženy procesy územního plánování, jak by mělo přijít rozhodnutí o územním plánování nebo jak konflikty o věcných i procesních aspektech by měly být spravovány. To zahrnuje otázky týkající se zapojení místních aktérů a jejich role v procesu tvorby politiky. Věcné a procesní aspekty samozřejmě spolu souvisejí. Zúčastněné subjekty například výrazně ovlivňují způsob, jakým je problém definován. V rámci řízení povodňových rizik se však územní plánování často zúžilo na regulační nástroj, kterým lze regulovat změny ve využívání půdy v oblastech náchylných k záplavám (NEUVEL a VAN DER KNAAP 2010).

Varovné systémy

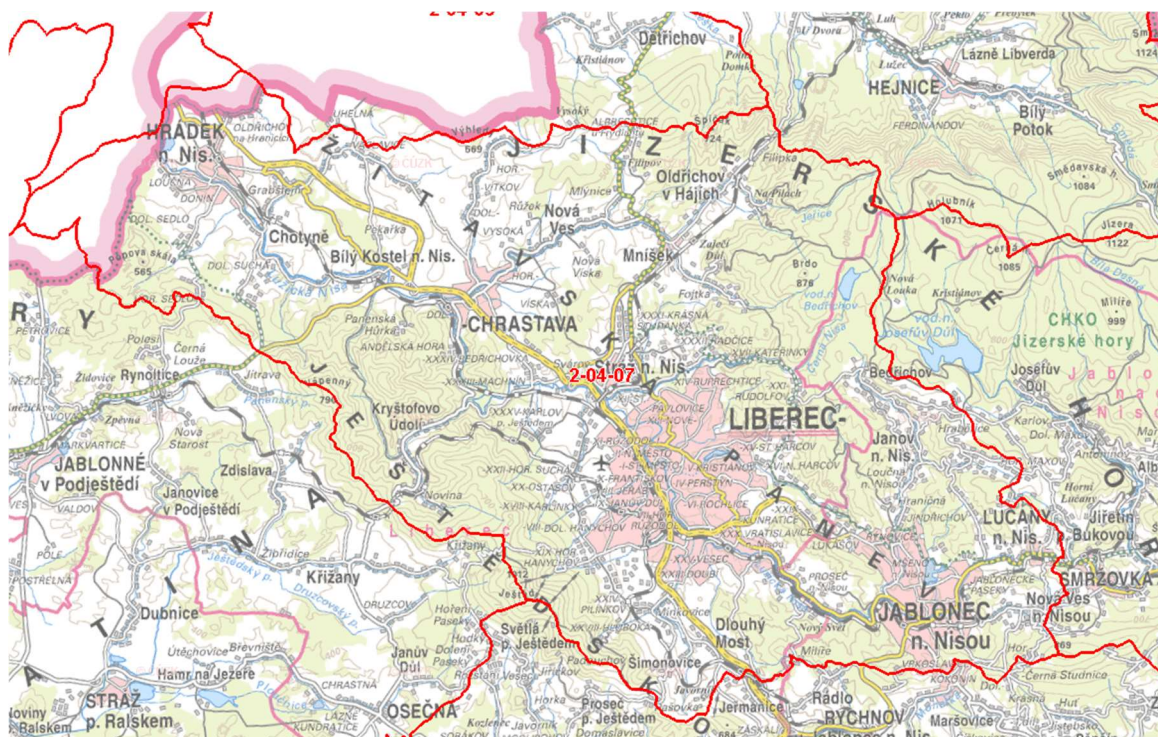
Varovný systém před povodněmi je koncipován jako kaskádová vazba tří složek: „monitorování“, „předpověď“ a „rozhodnutí“. Povodeň je část hydrografu nad povodňovým stupněm, oficiálně specifikovaná pro danou měřicí stanici. Povodňové události se vyskytují přerušovaně. Z tohoto důvodu nemusí síť pro pozorování povodní, postup předpovědi a nouzové řízení vždy fungovat nepřetržitě. Jejich provoz se spouští pouze tehdy, jsou-li detekovány potenciální povodňové podmínky. Pro umožnění těchto detekcí pracuje systém monitorující hydrometeorologické podmínky vždy v dané chvíli. Pokud je dodržena sada předdefinovaných podmínek, monitor spustí činnost prognostického systému. Aktivuje se síť pro pozorování povodní a připraví se předpověď povodňového hydrografu. Tato předpověď je předávána rozhodovacímu systému (organizaci krizového řízení nebo správci záplavové oblasti), který se poté musí rozhodnout, zda vydá varování veřejnosti. Když niva zasahuje do řady výšek, je rozdělena do výškových zón. Pro dané zóny se poté vydává varování

před povodněmi. V závislosti na předpovědi tedy může být optimální vydat varování pro dolní zónu, ale ne pro horní zónu. Funkční rozklad místního systému varování před povodněmi na monitor, předpověď a rozhodující správu je obvykle transparentní, zejména v systémech navržených podle specifikací národní meteorologické služby známých jako ALERT (automatická místní vyhodnocení v reálném čase) a IFLOWS (integrované sledování povodní a varovný systém). Implementace jsou samozřejmě různé. V systému nad jezerem Amistad v Texasu monitorovací síť monitoruje srážky a říční systém každých 6 hodin, ale když jsou detekovány potenciální povodňové podmínky, jsou senzory vyšetřovány každou hodinu (KRZYSZTOFOWICZ 1993).

5 Výběr zájmové lokality a charakteristika protipovodňového opatření

5.1 Charakteristika povodí řeky Lužická Nisa

Zájmové území se nachází v severní části Libereckého kraje. Do západní části území zasahují Lužické hory a Ještědsko –Kozákovský hřbet a do východní části Jizerské hory. Střední část zájmového území tvoří Žitavská pánev. Převážná část území má tedy horský charakter. V zájmové oblasti nalezneme malý podíl orné půdy a velký podíl lesů. Lesy a krajinářsky hodnotné území se nachází zejména v horských oblastech. Podél vodních toků zemědělská půda a intravilán. Lužická Nisa pramení v Jizerských horách, které se nacházejí na východní části povodí. Podstatnou část povodí tvoří Lužická Nisa a její pravé přítoky se zdroji v Jizerských horách s nejvyšším bodem Smrk 1124 m. Menší část tvoří české segmenty Mandavy, Lužničky a některých malých potoků se zdroji v Lužických horách na západní straně kanálu Nisa. Délka toku činí 55,25 km a jejím největším přítokem je řeka Jeřice, která se vlévá do řeky ve městě Chrastava, plocha povodí je 360,48 km². Lužická nisa je hlavní řeka opouštějící české území jako hranice mezi Polskem a Německem. V povodí je 16 obcí s celkovým počtem 170000 lidí, včetně velkoměsta Liberec. U města Gubin se vlévá jako levostranný přítok do řeky Odry. (VRV 2016).



Obr.5 – Povodí řeky Lužická Nisa (<https://chmi.maps.arcgis.com>)

5.2 Charakteristika města Liberec

Liberec se nachází asi 91 km severo-severovýchodně od Prahy a asi 99 km severo-severozápadně od Hradce Králové. Město leží v Liberecké kotlině Žitavské pánve mezi Ještědsko-kozákovským hřbetem a Jizerskými horami (viz obr. 5). Pata radnice je ve výšce 374 m n. m., nejvyšším bodem katastru města je vrchol Ještědu (1012 m n. m.), bod nejnižší se nachází v městské části Machnín (325 m n. m.). Městem protéká Lužická Nisa a její přítoky, například Černá Nisa a Harcovský potok, na kterém leží Harcovská přehrada. Přirozenými vodními plochami jsou rybníky: například Vesecký (tzv. Teich), Kačák (Žabák) v Krásné Studánce. Město se do roku 1939 rozprostíralo na ploše 6,2 km², což dnes představuje historický střed města. Po připojení 11 obcí roku 1939 se město dále rozrostlo o dalších 23 obcí v letech 1954, 1963, 1976, 1980 a 1986. Po roce 1989 se naopak čtyři obce od města oddělily. Celková rozloha města tak dnes činí 106,1 km². Město Liberec leží v klimaticky mírném pásu a patří do skupiny MT 4. Podnebí však určují horská pásma, jejichž hřebeny jsou překázkou proudění vlhkého a chladného vzduchu od Atlantického oceánu, proto si město užívá poměrně hojných srážek, kde, průměrný roční úhrn proto dosahuje hodnot 824,8mm. Průměrná roční teplota vzduchu je 7,8 °C (STATURÁTNÍ MĚSTO LIBEREC 2019a). Z geomorfologického hlediska Liberecká kotlina vznikla třetihorním poklesem území mezi Jizerskými horami a Ještědským hřbetem podél lužického zlomu ve směru SZ – JV. Řeka Nisa, která je osou území, dotvořila terén svojí činností ve čtvrtohorách. Z Liberecké kotliny příkře vystupuje geomorfologicky výrazný zlomový svah Ještědského hřbetu se sklony od 15 do 20 a více stupňů, s relativními výškami 250 m až 460 m. Denudací a zvětráváním vznikla vrcholová suťová pole a vrcholový křemencový tvrdoš Ještědu včetně Červených skal na jihozápadním svahu pod vrcholem. Ve slabě metamorfovaných pruzích prvohorních vápenců jsou vytvořeny jeskyně převážně puklinového původu, jako např. známá Hanychovská jeskyně ve starém lomu pod Pláněmi. V geologické stavbě se uplatňují horniny různého stáří a původu. Severovýchodní část tvoří krkonoško-jizerský žulový masiv, který se skládá z porfyrické biotitické žuly krkonoško-jizerské. Do prostoru Pilínkova na jihu a Stráže n/N a Machnína na severozápadě území zasahuje také dvojslídny granit středně až hrubě zrnitý. V oblasti Ještědského hřbetu na jihozápadě jsou obecnými horninami sericitické, grafitické a seriticko-chloritické fylity s častým výskytem krystalických vápenců a křemenců. Do nejnižší části území pronikají od Javorníku a Dlouhého Mostu porfyry a melafyry (prvotní vyvěřelé horniny) (STATURÁTNÍ MĚSTO LIBEREC 2019b).

5.2.1 Technická protipovodňová opatření ve městě Liberec

Město není příliš chráněno proti povodním. Protipovodňové účely mají pouze jedna nádrž. Přehrada Harcov neboli Liberecká přehrada je jedna z ochranných vodních ploch. Poté město chrání opevněné koryto, které je upraveno prakticky v celé trase od Stráže n/N přes Liberec převážně obdélníkové v opěrných zdech. Od Vesce směrem na Vratislavice n/N je koryto obdélníkové, místy s dlažbou, úpravy byly prováděny v roce 1932. Koryto řeky ve středu města vede bez problémů a bez ohrožení objektů pouze průtoky Q_5 . Některé úseky a objekty jsou vyhovující i pro průtok Q_{10} . Zajímavá je studie, která má plán do 12 let přizpůsobit město na průtoky minimálně Q_{20} až Q_{100} . Je rozdělena do 5 etap o celkovém počtu 21 úseků, ke kterým je přiřazena důležitost jak z ekonomického hlediska, ale také z hlediska potřeby a ochrany obyvatelstva. Celková investice je odhadována na 256 mil Kč. Jde o opatření typu železobetonové zdi, zemní hráze, průlehy nebo zvyšování průtočnosti mostů. První etapa je situována na centrum Liberce a příprava do přihlášení do programu by měla začít v půlce roku 2021. Realizace těchto úseků je plánována až na období 01/2027 – 06/2028. V první etapě by mělo jít o čtyři úseky v blízkosti vodního toku. Jedná se o úseky č. 11 (ozn. SO11) - Povodňový park zahrádky v ul. Wintrova (ř. km. 30.73–31.65), úsek č. 12 (ozn. SO12) – Ulice Okružní (ř. km. 31.65–31.89), úsek č. 13 (ozn. SO13) – Centrum (ř. km. 31.89–33.21) a úsek č. 17 (ozn. SO17) - Areál INTE (ř. km. 37.60–37.76). Příprava druhé etapy je dle harmonogramu plánována na začátek roku 2023. Realizace rozvržena do roka půl od 06/2028 do 12/2029. V téhle etapě jsou jen tři úseky, úsek č. 14 je rozdělen do tří menších úseků a, b, c. První úsek č. 4 (ozn. SO4) - Most ul. Hradecká (ř. km. 23.68 – 24.12), úsek č. 14a – Jez (ř. km. 34.52 – 34.83), úsek č. 14b - Most ul. Čechova – most ul. Mostecká (ř. km. 33.87 – 34.52), úsek č. 14c - Spalovna (ř. km. 33.21 – 33.78), úsek č. 15 (ozn. S15) - Poštovní nám. (ř. km. 34.83 – 35.24). Etapa č. 3 příprava na rok 2024 a realizace plánována na 06/2029 - 12/2030. Řeší úseky SO2, SO3, SO6, SO7. Etapa 4 začátek plánování 06/2015 a realizace 01/2031 – 06/2032. Obsahuje úseky SO8, SO9, SO10, SO18. Etapa 5 začátek plánování 06/2027 a realizace 06/2032 – 12/2033. Realizované úseky by měly být SO1, SO16, SO19, SO20 a SO21 (PODZIMEK 2020).

Etapa 1

V této etapě se řeší úseky SO11, SO12, SO13 a SO17. Úsek 11 se nachází v ř. km. 30.73 – 31.65. V úseku 11 jde o kombinaci železobetonové zdi a tzv. „povodňového parku“. Železobetonová zeď by měla být dlouhá 495 m o průměrné výšce 0,9 m, návrh má převést průtoky Q_{100} . Do této doby v první půlce území lze bezpečně převést pouze průtoky Q_{20} . Návrh začíná v druhé půlce, kde nelze bezpečně převést průtoky Q_{20} . Povodňový park od ulice Wintrova odděluje opěrná zeď vysoká 1 m nad terén parku a základy opěrné zdi jsou

do hloubky 1,5 m. Délka opěrné zdi je 620 metrů. Opěrná zeď je složena z gabionů. Od opěrné zdi vede k toku svah v 3 % sklonu. Po 3 – 8 metrech protíná severojižním směrem park mlatový chodník šířky 2 m. Od chodník je svah vedený přímo k toku (viz příloha 01). U úseku 12 jde o návrh ulice Okružní v ř. km. 31.65 – 31.89. Jde o zvětšení průtočnosti mostu přes Lužickou Nisu. Návrh je založen na zploštění konstrukce mostu. V této době má most tloušťku 1,6 m, z tohoto důvodu průtoky Q_{100} jsou vzdouvány touto konstrukcí, díky tomu dochází k zaplavení místní bytové budovy. Výsledná tloušťka mostu by měla být 1 m, díky které by se spodní kóta měla přizpůsobit hladině průtoky Q_{100} a nemělo by docházet ke vzdouvání hladiny (viz příloha 02). V úseku 13, který je situován na ř. km. 31.89 – 33.21, jde o opatření na převedení průtoků Q_{20} kvůli vzdouvání hladiny mosty přes vodní tok. Návrh opatření se nachází na pravém břehu daného území, jedná se o dvě železobetonové zdi. Tento návrh bude v koordinaci s projektem výstavby „Liberecká náplavka“, část zdí nebude možné uskutečnit v místě stavby náplavky. Podmínkou je, že náplavka musí dodržet kóty zdí na převedení daných průtoků. První zeď by měla být vedena od Krajského úřadu až k mostu 1. Máje (viz příloha 03). Druhá železobetonová zeď pouze zvyšuje současnou zídku oddělující tok Lužické Nisy od ulice U Besedy mezi mostem 1. Máje a lávkou položenou 40 m níže po toku. Zeď je projektována v délce 35 m a průměrné výšce 0,5 m s 0,3 m bezpečnostní rezervou. V úseku 17 etapy 1, umístěný ř. km. 37.60 – 37.76, je návrh ke zvýšení stávající opěrné zdi v délce 60 m, na průměrnou výšku 0,5 m s bezpečnostní rezervou 0,3 m. V daném úseku se průtoky Q_5 rozlévaly do průmyslového areálu INTE. Navržené opatření zabrání zaplavení oblasti průtokem Q_5 (viz příloha 04) (PODZIMEK 2019).

Etapa 2

V etapě 2 jsou naplánovány úseky SO4, SO14abc a SO15. Úsek SO4 tvoří návrh zkapacitnění mostu v části Machnín. Jako řešení je vytvořit průleh, čím by se vyřešil průtočný profil mostu a snížila by se hladina nad mostem vlivem vzduť hladiny. Rozměry průlehy jsou délka 250 m, dno je široké 9,5 m. Plocha na které se rozkládá průleh je 5 100 m² o objemu 7 650 m³ více (viz příloha 05). Dále v této etapě se řeší úsek14abc. Úsek 14a řeší starý rozbořený jez, který vzdouvá hladinu a při průtocích Q_{20} a vyšších, dochází k rozlivu vody mimo koryto. U tohoto návrhu jsou dvě varianty, jedna je revitalizace jezu a rybího přechodu, druhá je železobetonová zeď. U první varianty je problém s vlastníkem jezu, proto se přiklání ke druhé variantě. Druhá varianta je zeď, která je zavázána do svahu, co vede v délce 80 m podél toku. Koruna zdi má v celé délce kótu 363,90 m n.m. a šířku 0,4 m. Výška zdi je 2,5 m. Počítá se s 0,3 m bezpečnostní rezervou a s 1 m podezdívky koryta, jelikož v současné době koryto není opevněno více (viz příloha 06). V úseku 14b je projektována ŽB zeď, která je na začátku zavázána do mostu přes Lužickou Nisu v ul. Čechova. Při zavázání má koruna zdi kótu 360,20 m n.m. Dále od zavázání vede proti toku na pravém břehu v délce 350 m. Odděluje obytné

budovy v první části úseku a průmyslový areál v druhé části úseku od toku. Na konci je zavázaná do svahu k parkovišti u mostku k prodejně KIK. Kóta zdi je při zavázání 361,20 m n.m. Šířka zdi je 0,4 m. Průměrná výška zdi je 2,5 m, při této výšce se počítá s 0,3 m bezpečnostní rezervou a s 1 m podezdívky koryta (viz příloha 07). V celém úseku Spalovna jsou povodňové průtoky Q_5 a Q_{20} korytem Lužické Nisy převáděny bezpečně. Při Q_{100} dochází k vylití na obou březích. Na levém dochází k vylití před mostem do spalovny a pod ním oba úseky jsou dlouhé cca 20 m. Na pravém břehu dochází k rozlivu a nátoku vody do areálu spalovny nad mostem do spalovny. V tomto úseku je na pravém břehu navržena ŽB zeď dlouhá 60 m a vysoká v průměru 0,8 m i s bezpečnostní rezervou 0,3 m. Na levém břehu jsou navrženy dvě ŽB zdi, jedna před mostem do teplárny v délce 20 m a průměrné výšce 1 m a druhá je navržena pod mostem do teplárny v délce 20 m a průměrné výšce 1 m. Umístění těchto zdí (viz příloha 08) (PODZIMEK 2019).

Etapu 3

V zaplavovaném území úseku SO2, který se nachází v Liberci v části Machnín, dochází k zaplavení dvou průmyslových objektů. Návrh je zemní hráz níže postaveného skladu v hodnotě 600tis. Kč. Délka hráze by měla být 85 m a průměrná výška 1 m i s bezpečnostní rezervou 0,3 m. Zemní hráz je navržena na průtoky Q_{100} (viz příloha 09). Na druhý sklad není navržena žádná ochranná opatření z důvodu zvýšených podlah. Další úsek v této etapě je úsek SO3, nachází se ve stejné části města jako předešlý úsek. Jedná se o zaplavované území již při průtoku Q_{20} . Dochází k zaplavení čtyř obytných domů, školky, okresního archivu a budovy hasičského záchranného sboru. Na ochranu jednoho obytného domu na západě území (viz příloha 10), okresního archivu a budovy hasičského sboru nejsou navržena opatření z důvodu ekonomické neefektivnosti a technicky náročnosti. Jsou zde individuální opatření jako např. odnošení techniky a dokumentů do patra. Pro obytné budovy a školky je navržena zemní hráz. Hráz je navržena na povodňový průtok Q_{100} a je navržena jako dva samostatné stavební objekty (viz příloha 11). První zemní hráz má délku 103 m, výška 1,1 m i s bezpečnostní rezervou a šířka hráze v koruně je 2 m. Druhá zemní hráz má délku 120 m, výšku 1,8 m a šířka v koruně 2 m. Zvednutí hladiny kvůli opatřením je 0,04 m, tj. z hlediska opatření zanedbatelný. Úsek SO6 je situován v ul. Oblouková v této části toku je údolní niva plochá a celá zatopená při všech povodňových průtocích. Na pravém břehu jsou v úseku pod lávkou zaplaveny dva obytné domy a na levém břehu dochází k zatopení areálu velkoskladu a prodejny. Návrh je železobetonová zeď dlouhé 125 m a vysoké 1,6 m. V místě opatření nevznikne vzduší hladiny kvůli opatření, protože voda v místě neproudí jen budovy zaplaví. Hodnota stavby byla vyčíslena na 4,3 mil Kč. Poslední řešený úsek v této etapě je SO7 u liberecké ČOV. V tomto úseku dochází k zaplavení obou břehů povodňovým průtokem Q_{100} řeky (viz příloha 12). Návrh spočívá ve výstavbě čtyř železobetonových zdí,

kteře nejsou uzpůsobeny sloužit samostatně ale jako jeden celek. Jedna zeď se nachází na levém břehu a zbylé tři se nachází na břehu pravém (viz příloha 13). Zeď na levém břehu má výšku 0,5 m, zbylé tři zdi mají rozmezí výšky od 1,1 – 1,8 m. Opatření jsou navržena na povodňový průtok Q_{100} . Celková cena tohoto opatření byla vyčíslena na 18,5 mil Kč (PODZIMEK 2019).

EtaĤa 4

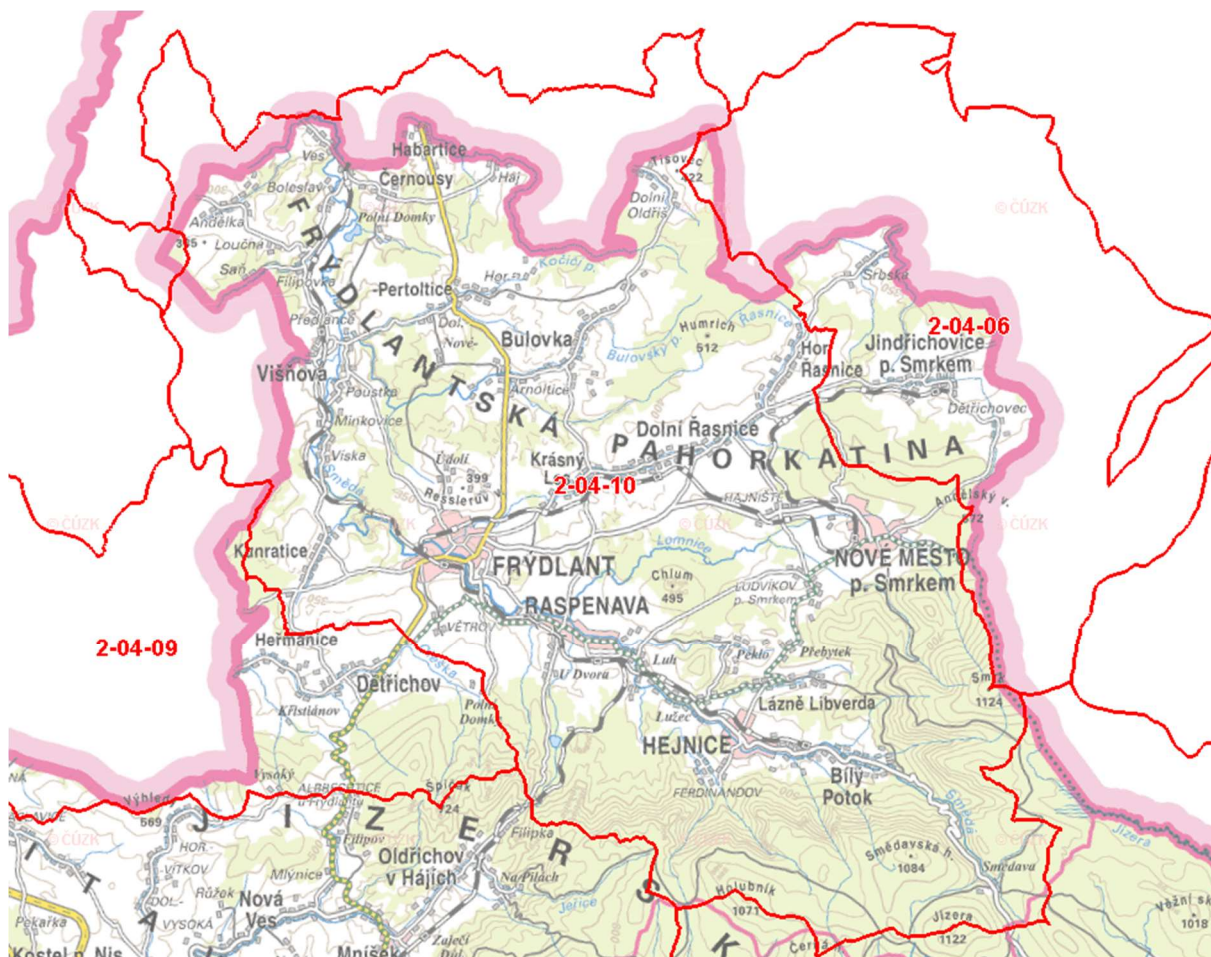
Dále je zde úsek SO8, který řeší rozlité povodňových průtoků do objektu prádelny. Návrh opatření na průtok Q_{100} je zemní hráz okolo areálu prádelny (viz příloha 20). Délka zemní hráze je 205 m, průměrná výška je 1,7 m i s bezpečnostní rezervou a její šířka je 0,4 m. Vliv tohoto opatření je zvednutí hladiny o 0,3 m, která se vrátí do původní výšky po 300 m. V úseku SO9, který se nachází na ř. km 29.83, se rozlévá voda mimo koryto na obou březích. Na levém břehu se rozlévají povodňové průtoky Q_5 a vyšší, ale nedochází k podstatným škodám. Na pravém břehu se rozlévá průtok Q_{100} do nebezpečných míst, zaplavuje tři obytné budovy a technické zařízení parovodu (viz příloha 21). Na tomto úseku jsou dvě varianty řešení. Varianta 1 je vytvoření zemní hráze za průchodem parovodu náspeem a následné utěsnění tohoto průchodu. Tato zemní hráz je navrhována o délce 20 m a výšce 1,7 m. Zemní hráz by chránila zajmové území tří bytových budov i technické zařízení parovodu. Do zemní hráze by bylo nutné vytvořit pod hrází i spodní výpust se zpětnou klapkou pro vodoteč a dále je navržena šachta pro čerpadlo na odčerpávání vody, která by šla přes hráz. Varianta 2 je vytvoření zemní hráze před průchodem parovodu, nebylo by potřeba utěšňovat průchod, ale nedojde k ochraně technického zařízení parovodu. Zemní hráz varianty 2 by měla délku 35 m a její průměrná výška by byla 1,6 m. Stejně jako u varianty 1 je nutné vytvořit spodní výpust se zpětnou klapkou a na vzdušné straně šachtu pro odčerpávání vody. Úsek SO10 se nachází u stadionu U Nisy a jedná se o vytvoření zemních hrází na daném území a také vytvoření cyklostezky na těchto hrázích. Míra ochrany v tomto úseku je stanovena na Q_{20} . Je zde projektována zemní hráz v místě vylití vody z koryta a v místě zpětného nátoky, které dochází za jezem. V těchto místech je uvažováno o výstavbě cyklostezky (viz příloha 22). Cyklostezka by mohla vést na těchto hrázích, které mají maximální výšku nad současným terénem 0,5 m i s 0,3 m bezpečnostní rezervou. V úseku SO18 od mostu v ul. Dlouhomostecká za průmyslový areál Libea dochází na levém břehu k zaplavení 3 obytných budov a průmyslového areálu Libea při povodňových průtocích Q_5 a vyšších. Návrhem jsou dvě železobetonové zdi jedna na pravém břehu a druhá na levém břehu. Délka zdi na levém břehu je 180 m, a průměrná výška zdi je 1,1 m. Zeď na pravém břehu odděluje budovu průmyslového areálu Libea od toku. Její délka je 115 m a průměrná výška je 0,6 m. Obě tyto opatření řeší průtoky Q_5 (viz příloha 23) (PODZIMEK 2019).

Etapa 5

Etapa 5 řeší zbylé úseky navržené touto studií, tj. úsek SO1, SO16, SO19, SO20, SO21. V úseku SO1 je uvažováno o opatření proti povodním na průtok Q_{100} , dochází zde k zaplavení šesti obytných budov a průmyslového areálu na ř. km. 19.000 – 19.716. Opatření je navrženo jako dvě zemní hráze a železobetonová zeď. Opatření začíná na západní straně zemní hrází, která vede mezi pozemky a vodním tokem až k mostu. Na komunikaci je navrženo mobilní hrazení z gumového vaku. Ihned za komunikaci na opatření naváže železobetonová zeď, která bude ochraňovat místní budovy, délka této zdi je 345 m s průměrnou výškou 1,9 m. Po 345 m železobetonové zdi, což je hranice posledního pozemku, je navržena opět zemní hráz. Zavázání zemní hráze je naprojektováno do terénu severně od vodní elektrárny. Zemní hráz by měla mít průměrnou výšku 2 m a délku obě hráze dohromady 165 m. V úseku SO16 dochází vlivem vzduší vody jezem k rozlivu na oba břehy, avšak pouze na levém břehu není zástavba, ale dochází zde k zaplavení železnice. Při povodňovém průtoku Q_5 se tok Lužické Nisy rozlévá především na levý břeh a ohrožuje 3 budovy (viz příloha 24). Při Q_{20} a Q_{100} je zaplaveno 7 domů z toho 4 obytné. V tomto návrhu jsou dvě varianty za prvé by mohl jez nově tvořit gumové vaky, které se v případě větších povodňových průtoků dají vypustit a snížit tak vzdouvání hladiny až o 1 m. Jako druhá varianta je vytvoření jezu, u kterého je vzdouvání vody drženo ocelovými pláty připevněnými ke konstrukci trhacími šrouby. Šrouby by za vyššího stavu vody, a tedy většího tlaku praskly a pláty by se položily na dno a uvolnily koryto vodě. Tyto úpravy by měli zapříčinit snížení hladiny o 0,76 m při průtoku Q_5 , při Q_{20} o 0,61 a o 0,63 při Q_{100} . Vliv tohoto snížení je vypočten až do 400 m a u průtoku Q_5 až do 600 m. Úsek SO19 řeší ulici Na Břehu v části Liberec – Vratislavice. V této části je problém při povodňových průtocích Q_5 a vyšší. Vodní tok se rozlévá na oba břehy, kde na pravém břehu dochází k zaplavení devíti obytných budov a na levém jsou zaplavovány dvě budovy (viz příloha 26). Řešení bylo navrženo na průtoky Q_5 , z důvodu charakteru údolní nivy, která je plochá a zástavby jsou blízko u toku. Protipovodňové opatření je navrženo na pravém břehu. V úseku mezi mostem v ul. NA Břehu a areálem garáží je na pravé straně komunikace v linii plotu navržena železobetonová zeď. Délka železobetonové zdi je 85 m a průměrná výška i s 0,3 m bezpečnostním převýšením je 0,7 m. Druhá železobetonová zeď je navržena od mostu v ulici Na Břehu až na pozemek č. 166/2, druhá zeď vede po pravém břehu vodního toku. Délka zdi je 110 m a průměrná výška i s 0,3 m bezpečnostním převýšením je 1,2 m. V rámci úseku SO 20 je navržena železobetonová zeď s mírou opatření na průtoky Q_5 , délky 165 m a průměrné výšky i s bezpečnostní rezervou 1 m. Protipovodňová ochrana řeší levý břeh řeky, kde se voda rozlévá při povodňových průtocích Q_5 a vyšší (viz příloha 27) (PODZIMEK 2019).

5.3 Charakteristika povodí řeky Smědé

Povodí Smědá ozn. 2-04-10, se nachází jak na území ČR, tak také na území Polské republiky. V České republice se povodí nachází v severovýchodních Čechách ve Frýdlantském výběžku. Řeka Smědá pramení ve východní části Jizerských hor. Řeka složená ze tří zdrojů, Bílá Smědá, Černá Smědá a Hnědá Smědá. Soutok těchto zdrojnic se nachází pod chatou Smědavou ve výšce 875 m n.m.. Na našem území se nachází 46 km řeky Smědá. Řeka teče severozápadně od jejího zdroje až do města Frýdlant. Za městem Frýdlant se nachází zákrut Harta s vodní elektrárnou Harta a poté se otáčí směr toku řeky na sever. Tok pokračuje na polské hranice, kde se vlévá do řeky Lužická Nisa. Povodí řeky Smědá se rozkládá na ploše 238 km², toto povodí se řadí mezi jedno z nejvíce vodnatých povodí České republiky. Ročně zde spadne 1180 mm srážek, průměr odtoku je 736 mm (ŠVORC a ŠVORCOVÁ 2006).



Obr. 6 – Rozvodnice povodí řeky Smědá (<https://chmi.maps.arcgis.com>)

5.4 Charakteristika města Frýdlant

Město Frýdlant leží v severních Čechách v Libereckém kraji. Je typickým podhorským městem, které leží vedle CHKO Jizerské hory. Město Frýdlant je zároveň i ORP (Obec s rozšířenou působností). Ve městě k 1.1.2020 žilo 7364 obyvatel. Hlavním tokem, který prochází městem, je řeka Smědá. Mezi nejvýznamnější přítoky patří toky Řasnice, Lomnice a Bulovský p. V povodí se nachází 157 vodních ploch s celkovou rozlohou 48,05 ha. Největší z nich jsou Dubový rybník (8,48 ha) a Šolcův rybník (5,73 ha). Řeka Smědá odvodňuje severní část pohoří a ústí do řeky Lužická Nisa. Geomorfologicky náleží zájmové území do provincie Česká Vysočina, soustavy Krkonošsko-jesenické a podsoustavy Krkonošské. Převážná většina území k. ú. Frýdlant spadá do celku Frýdlantská pahorkatina. Pouze malá okrajová část na jihu spadá již do celku Jizerské hory, podcelku Jizerská hornatina a okrsků Albrechtická vrchovina a Oldřichovská vrchovina (VRV 2015).

Záplavové území města Frýdlant

Městu hrozí největší nebezpečí z řeky Smědá a jejího pravého přítoku řeky Řasnice. Ohrožený je především pravý břeh řeky Smědé, který se vylévá přímo do města Frýdlant (viz obr. 7) (ENVYPARTNER 2010a).



Obr. 7 – záplavové území města Frýdlant průtokem Q₂₀

(Zdroj: Envypartner 2010a)

5.4.1 Technická protipovodňová opatření města Frýdlant

V rámci protipovodňových opatření ve městě Frýdlant jsou především prováděny průlehy na přívalové srážky a na následné stékání této vody z okolních polí a luk, ale je zde i opevněné koryto (viz příloha 18) (VRV 2015).

Terénní průlehy

V oblasti Frýdlantu jsou navrženy čtyři průlehy, který mají za úkol zachycení a zpomalení srážkového odtoku dva jsou situovány tak, aby sbíraly vodu, která teče z Křížového vrchu do intravilánu města Frýdlant a zbylý dva jsou situovány tak, aby sbíraly vodu, která teče z vrchu Nad Zátíším do části Větrov (VRV 2015).

Poldr – Bažantnice

Je zatím v průběhu navrhování. Mělo by se jednat o suchý poldr s objemem 305 067 m³ vody. Nacházela by se na řece Řasnice před městem Frýdlant. Účel této nádrže je zachytávat část nadměrného množství vody při povodňových stavech, transformovat povodňovou vlnu a ochránit intravilán města. Délka hráze by měla být 240 m a při naplnění by měla zaplavovat území o 18,2 ha (VRV 2015).

Odvodnění prostoru u ulice Zámecká

Toto opatření si zakládá na blízkosti Zámeckého rybníka. Jedná se o přesun přebytečné vody z ulic do Zámeckého rybníka (viz příloha 19, obr. 42), pomocí liniových prvků. Dva příkopy o délce 410 m a 175 m. Povrchové vody budou svedeny do těchto příkopů, které je budou přesouvat do Zámeckého rybníka. Další část je řešena u sportovní haly ve Frýdlantě, kde se to řeší přesunem vody do dešťové kanalizace u sportovní haly (VRV 2015).

Frýdlant – zkapacitnění koryta v úseku pod koupalištěm

V daném místě dochází i menších průtocích vylévání vody z koryta, nachází se na vodním toku Řasnice ř. km 1,06. Kritické místo je ve vrcholu zatáčky, tok ohrožuje i místní objekty. Navržená opatření v kritickém místě toku jsou zvětšení kapacity koryta či případně zvětšení břehových hran. Pomoci by mohla i poldr Bažantnice, který by měl zachytávat část povodňových průtoků a tak ulehčit v místech dále po toku (viz příloha 19. obr 43) (VRV 2015).

Frýdlant – zkapacitnění (vyčištění koryta) řeky Smědé

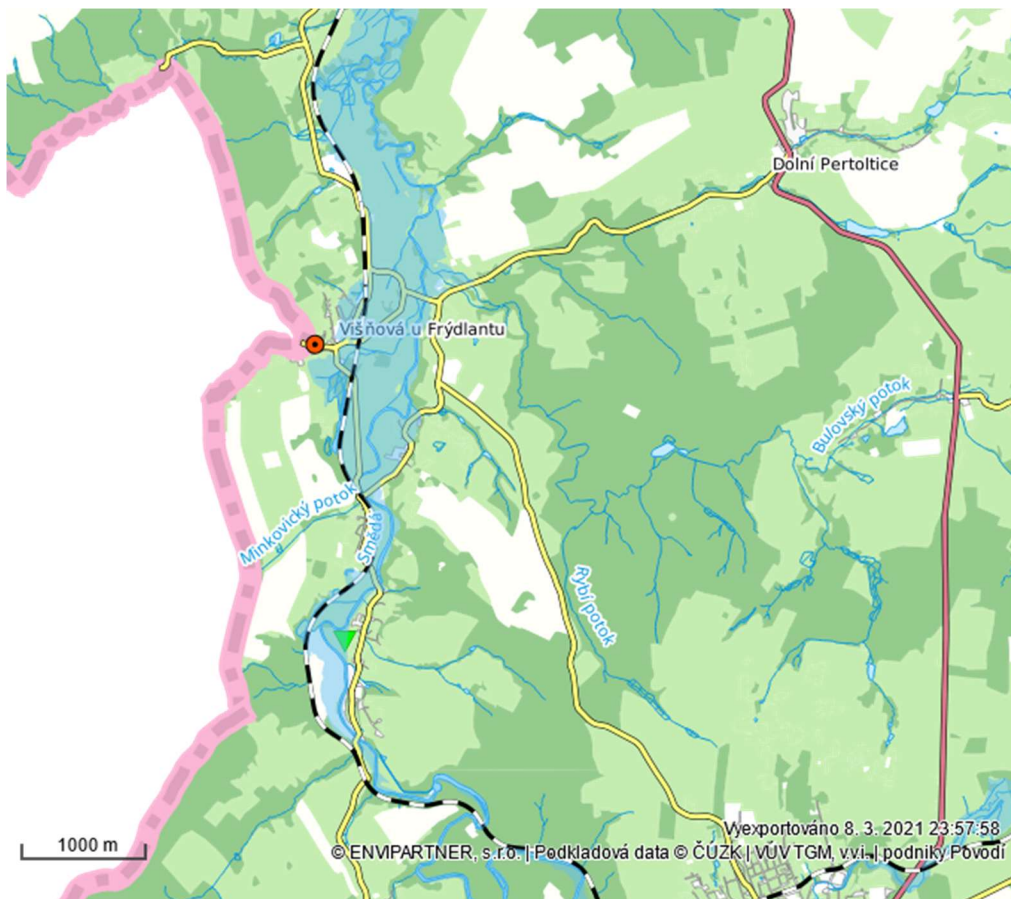
Čištění proběhlo v roce 2018, osm let od ničivých povodní v roce 2010, především v úseku od pivovaru k tenisovým kurtům a i v centru. Koryto se vyčistilo od usazenin a náletových dřevin, které zmenšují průtočný profil koryta. (VRV 2015).

5.5 Charakteristika obce Višňová

Obec Višňová leží v SO ORP Frýdlant v Libereckém kraji (viz obr. 6). Obec se nachází přímo na hranicích s Polskem. K 1. 1. 2020 bylo v obci Višňová evidováno 1 326 obyvatel. Velikost obce činí 30,294 km². Pod obec Višňová spadá dalších osm místních částí – Víška, Minkovice, Poustka, Předlánce, Saň, Andělka, Loučná a Filipovka. Tato oblast je zásadně ovlivněna povodněmi. Zástavba je umístěna v rovinaté části kolem řeky Smědé, proto i malé vylití způsobuje velký rozliv a zasahuje zastavěnou oblast. V této oblasti vznikají povodňové průtoky dvěma způsoby, první způsob je prudké tání sněhové pokrývky s kombinací se srážkami v období od prosince do dubna, tyto povodně jsou pro toto povodí dost neobvyklé ale vyřadit je nemůžeme. Druhý způsob vznikání povodňových průtoků jsou letní přívalové povodně, v tomto povodí velmi častá záležitost, kdy ve velmi krátké době dochází k výraznému zvýšení průtoku vody v tocích. Tím je ztížena i dopravní obslužnost jednotlivých částí Višňové. Pro obec Višňová přichází největší nebezpečí z řeky Smědá. Dalšími toky, které se nacházejí na tomto území, jsou Bílý potok, Černý potok, Sloupský potok, Holubí potok, Větrovský potok, Višňovský potok, Boreček, Hájený potok, Libverdský potok, Pekelský potok, Lomnice, Řasnice, Bulovský potok, Kočičí potok – za Višňovou (teče přes Habartice). V oblasti se nachází velmi hustá síť vodních toků díky Jizerským horám. Po hřebenech Jizerských hor probíhá rozvodí mezi Baltským a Severním mořem. Ze západní a jihozápadní části odvádí vodu Lužická Nisa Žitavskou kotlinou do Baltského moře, jedním z jejich přítoků je Smědá, odvodňující sever pohoří. Díky tomu, že jsou Jizerské hory prvním pohořím Krkonošsko-jesenické soustavy vystavený převládajícímu vlhkému severozápadnímu větrnému proudění, jsou srážkami postihovány relativně více než jiná pohoří. Celkem v horách spadne ročně 800 – 1 700 mm vody za rok. Geomorfologicky náleží obec Višňová a její části do provincie Česka vysočina, subprovincie Krkonošsko-jesenická soustava, do oblasti Krkonošské. Nejvyšší nadmořské výšky zde dosahují maximálně 340 m. n. m.. Z geologického hlediska se zde nachází mnoha sedimentů různé zrnitosti. Nejvíce se zde nachází jíly, hlíny, písky a spraše. Místy se zde nachází i vulkanické horniny, např. bazaltoidy (ENVYPARTNER 2010b).

Záplavové území obce Višňová

Největší nebezpečí pro obec Višňová je řeka Smědá, která se rozlévá především na levý břeh až do obce Višňová (viz obr. 8) (ENVYPARTNER 2010b).



Obr. 8. – záplavové území obce Višňová při průtoku Q_{20}

(Zdroj: Envypartner 2010b)

5.5.1 Technická opatření obce Višňová

V obci Višňová je protipovodňová ochrana řešena spíše zemními hrázemi a budování suchých poldrů na přítocích řeky Smědé k odlehčení povodňových průtoků. Dále se v posledních letech dbá na přírodní retenci vody, zejména snižováním břehových hran v oblastech chráněné hrázemi (KOUTECKÁ HÁNOVÁ 2015).

Zemní hráz 01 – Zemní hráz, která je situována na levém břehu Smědé a má za úkol chránit budovy v obci Višňová mezi říčními kilometry 11,940 a 12,350 před povodní o maximální úrovni Q_{100} . Pro tuto úroveň ochrany je navržena zemní sypaná hráz o průměrné výšce 0,5 m a o hloubce podzemní štětovnicové stěny 1,0 m. Délka hráze činí 300 m (KOUTECKÁ HÁNOVÁ 2015).

Zemní hráz 02 – Tato zemní hráz je situována na pravém břehu Smědé a má za úkol chránit budovy v obci Předlánce, mezi říčními kilometry 11,600 a 11,940, před povodní o maximální úrovni Q_{100} . Pro tuto úroveň ochrany je navržena zemní sypaná hráz o průměrné výšce 1,0 m a o hloubce podzemní štětovicové stěny 1,0 m. Délka hráze činí 226 m (KOUTECKÁ HÁNOVÁ 2015).

Úprava drážního tělesa – Tento stavební objekt představuje součást protipovodňové ochrany obce Višňová mezi říčními kilometry 12,800 a 13,610. Protipovodňová ochrana je zajištěna pomocí úpravy drážního tělesa na levém břehu Smědé. Jelikož povodeň o úrovni Q_{100} nepřesahuje niveletu koruny drážního tělesa, není třeba těleso navyšovat (viz příloha 17). Délka úpravy drážního tělesa je 576 m. V rámci tohoto stavebního objektu bude provedeno přehrazení stávajícího propustku v blízkosti železniční stanice a jeho osazení zpětnou klapkou (KOUTECKÁ HÁNOVÁ 2015).

Železobetonová zeď 01,02 – Je stavební objekt, který je situován na levém břehu Smědé v intravilánu obce Višňová. Za úkol má chránit intravilán Višňové jednak před povodní na Smědé a zároveň zvýšit protipovodňovou ochranu před povodní na Višňovském potoce pod silničním mostem. Pro tyto účely je navržena 190 m dlouhá železobetonová zeď na levém i pravém břehu Višňovského potoka o průměrné výšce 0,2 m na levém břehu, hloubce podzemní stavby 1,0 m a o průměrné výšce 0,8 m na pravém břehu a hloubce 2,4 m (KOUTECKÁ HÁNOVÁ 2015).

Úprava drážního tělesa 02 – Tento stavební objekt představuje součást PPO ochrany obce Višňová mezi říčními kilometry 13,620 a 14,100. Protipovodňová ochrana je zajištěna pomocí úpravy drážního tělesa na levém břehu Smědé. Jelikož povodeň o úrovni Q_{100} nepřesahuje niveletu koruny drážního tělesa není třeba těleso navyšovat. Délka úpravy drážního tělesa je 306 m. V rámci tohoto stavebního objektu bude provedeno přehrazení stávajícího propustku (kterým je veden patrně odvodňovací příkop) v blízkosti křížení trasy železnice s Višňovým potokem a jeho osazení zpětnou klapkou (KOUTECKÁ HÁNOVÁ 2015).

Suchý poldr Víška

V části Víška obce Višňové u Frýdlantu se nachází suchý poldr neboli retenční nádrž. Suchá nádrž je situována jihovýchodně od obce Víška pod soutokem dvou hlavních zdrojnic potoka. Tím bude v době povodňových průtoků zajištěna transformace povodňové vlny z obou ramen. Účelem stavby je transformace povodňových průtoků do velikosti Q_{20} a tím zvýšení ochrany nemovitostí situovaných níže na toku Krčelského potoka. V současné době se zde povodňové

stavy nižší než Q_{50} opakují prakticky každoročně. Suchý poldr sestavený ze zemní homogenní hráze délky 215,8 m, šířky hráze v patě 52 m, šířka hráze v koruně 3,5 m. Ovladatelný retenční prostor nádrže je 48 000 m³, objem nádrže při průtoku Q_{100} je 60 000 m³. Nádrž obsahuje i bezpečností přeliv, spodní výpust a železobetonový objekt. Náklady na výstavbu retenční nádrže v hodnotě 71 miliónů Kč (viz příloha 14) (POVODÍ LABE 2019).

Suchý poldr nad obcí Višňová – Předlánce

Suchá nádrž navržena v profilu údolí Bulovského potoka nad obcí Předlánce za účelem snížení kulminací povodňových průtoků v zastavěném území. Rozměry jsou délka hráze 115 m, zatopená plocha 7,30 ha, objem 328 250 m³, maximální hloubka 9 m (VRV 15).

Ochranná hráz Víška

Ochranná hráz se nachází mezi částmi Minkovice a Víška obce Višňová. Hráz se nachází na pravém břehu řeky Smědá v aktivní záplavové zóně. Ochranná hráz byla potřeba, kapacita koryta dosahovala průtokům Q_5 . Tato hráz je navržena na průtok Q_{20} , na průtok Q_{100} nebyla navrhována z důvodu nízké účinnosti opatření. Zemní sypaná hráz se šířkou v koruně 3,5 m sklonem návodního líce 1:3,2, sklon vzdušného líce 1:2. Ochranou zemní konstrukce návodní strany je základová patka z lomového kamene o hmotnosti 100 – 150 kg. Zbylá část je opevněna vrstvou drceného kamene a zakotvena je geomíří. Po 50 metrech jsou uloženy stabilizační prahy ke zlepšení stability hráze. V hráti se nachází dva trubní propustky z důvodu křížení toků. Jeden s trůbkou o velikosti DN 1000, který křížuje Krčelský potok, v km 0,1564 a druhý s trůbkou o velikosti DN 400, který odvádí odpadní koryto Klímovy tůně v km 0,7048. Je zde i řešeno odvodnění při průniku vody do zastavěného území dvěma čerpacími místy, jedno se nachází ve strouze ve Vísce a druhé je koryto Krčelského potoka, obě tyto čerpací místa odčerpávají v případě zavodnění vodu zpět do koryta řeky Smědé. Cena této stavby byla 15,41 mil Kč (viz příloha 16) (VRV 15).

Ochranná hráz Višňová – Poustka

Stavební objekt řeší protipovodňovou ochranu obce Poustka na pravém břehu Smědé mezi říčními kilometry 14,100 a 15,051. Původní hráz sloužila k ochraně průtoků Q_{10} , proto byl udělaný návrh na zvýšení ochrany na průtok Q_{20} . Pro ochranu nemovitostí a řízený odtok inundací bylo navrženo prodloužení původní hráze. Pro ochranu před povodněmi zde bude zbudována zemní sypaná hráz s podzemní štětovicovou stěnou. Průměrná výška hráze pro ochranu před Q_{20} je navržena na: 0,2 m a hloubka podzemní stavby na 1,0 m. Délka hráze činí 885 m a hráz postupuje v linii již existující hráze. K tomuto stavebnímu objektu patří také doplňková hráz, která brání rozlítí vzduté vody ze Smědé za silničním propustkem (VRV 15).

Ochranná hráz Višňová – Předláanky

Opatření na soutoku Bulovského potoka a řeky Smědé v Předlánce. Bylo provedeno doplnění původního hrázového systému na ochranu zástavby na pravém břehu Bulovského potoka, nad soutokem se Smědou. Výsledkem je protipovodňová hráz, která je dlouhá cca 370m, míra protipovodňové ochrany na průtok Q_{20} i s bezpečnostním převýšením (VRV 15).

Další opatření v obci

Opatření typu řízeného rozlivu najdeme v obci hned na několika místech. První takové opatření je na levém břehu řeky Smědý v km 16,730 – 16,970. V tomto místě bude snížený břeh o 0,3 m pod stávající břeh. Z důvodu velkého rozdílu ve výšce pravého a levého břehu je na pravém břehu řeky vybudována tůň o délce 40 m, šířce 26 m a hloubkou od 0,5 – 1 m. Další snížení břehových hran najdeme na km 16,260 – 16,400. Snížení břehu bylo v sklonu 1:15, odkopaná vrstva se nahradila humózní vrstvou a poté zatravnění. Další snížení na toku je v km 14,300 – 14,800. V tomto úseku jde o snížení levého břehu o cca 0,3 m. Poté na km 11,800 – 12,000 na tomto úseku další snížení levého břehu, který byl uměle zvyšován. Ke zvyšování docházelo v průběhu čištění, usazováním splavenin na břeh a hromadění organických hmot z břehových prostorů. Došlo k odstranění těchto materiálů a ke snížení břehu, které umožní umělé vybřežení vody z koryta do míst, kde povodňový průtok nezpůsobí žádné škody a rozlíváním dojde ke snížení hladiny při povodni (viz příloha 15) (VRV 15).

6 Programy na budování protipovodňových opatření v ČR

Finanční podpora na protipovodňová opatření ve veřejném zájmu poskytuje stát správcům povodí, České inspekci životního prostředí, správcům vodních toků, vlastníkům vodních děl a pověřeným odborným subjektům (ČAMROVÁ a JÍLKOVÁ 2006). Na podporu protipovodňové ochrany byly především tvořeny programy:

- **Program MZe „Prevence před povodněmi“**
- **Operační program Životní prostředí**

6.1 Program „Prevence před povodněmi“

Program rozdělen do čtyřech etap:

- **229 060 „Podpora prevence před povodněmi I“ (2002 – 2007),**
- **129 120 „Podpora prevence před povodněmi II“ (2007 – 2014),**
- **129 260 „Podpora prevence před povodněmi III“ (2014 - 2022),**
- **129 360 „Podpora prevence před povodněmi IV“ (2019 - 2024),**

Program „Prevence před povodněmi“ je v současné době bezpochyby nejvýznamnějším nástrojem pro zajištění protipovodňové ochrany v ČR. Dotační program „Prevence před povodněmi“ se zaměřen na realizaci opatření zajišťujících systémovou ochranu před povodněmi městům a obcím z finančních prostředků státního rozpočtu České republiky. Jedná se zejména o výstavbu suchých nádrží (poldrů), úpravy na stávajících vodních dílech a opatření podél vodních toků v intravilánech. Program byl spuštěn v reakci na ničivou povodeň v roce 1997 a to zahájením první programové etapy v roce 2002. Každá etapa je složena z dalších podetap. Například 129 260 „Podpora prevence před povodněmi III“ (2014 - 2022), který je platný dnes je rozložen do podetap (MZe ©2009–2021a):

- 129 262 „Podpora projektové dokumentace pro územní řízení“,
- 129 263 „Podpora projektové dokumentace pro stavební řízení“,
- 129 264 „Podpora protipovodňových opatření s retencí“,
- 129 265 „Podpora protipovodňových opatření podél vodních toků“.

Hlavní záměr programu je zlepšení ochrany proti povodním v záplavových územích. Každá etapa má vlastní cíl. Například etapa I byla zaměřena na stanovení záplavových území, výstavbu poldrů a hrází nebo také zvýšení průtočnosti vodních toků. Pro nás aktuální etapa III má účel v opatřeních směřující ke zvýšení retence, tedy realizace řízených rozlivů povodní, budování poldrů a vodních nádrží s retenčními prostory. Zejména jsou podporována chybějící

opatření v oblastech s potenciálně významným povodňovým rizikem. Finanční spoluúčast k dotovaným prostředkům se pohybuje od 5% do 30% podle typu stavby a druhu žadatele. Specifikem tohoto programu je posuzování projektů tzv. „Strategickým expertem“. Ten posuzuje protipovodňovou efektivitu (rozsah snížení povodně, objem ochráněných hodnot), dále ekonomickou efektivnost (investice do opatření musí být nižší než hodnota ochráněného majetku) a nakonec vliv opatření na životního prostředí (opatření nemůže mít nepříznivé dopady na životní prostředí). V historii za první etapy tohoto programu se poskytly peněžní prostředky ve výši 4,1 mld Kč, která je pod názvem „zahájení“. V etapě dvě se čerpaly prostředky ve výši 11 mld Kč. Do roku 2027 chce Ministerstvo zemědělství dostat svého předpokladu a výše peněžních prostředků by měla překonat hranici 50 mld Kč. Do roku 2014 byla vynaložena odhadem 50% této hranice (ČHMÚ 2012b).

6.2 Operační program „Životní prostředí“

Operační program Životní (dále jen OPZP) prostředí je úspěšný dotační program, který umožňuje čerpat finanční prostředky z evropských fondů na ochranu a zlepšování životního prostředí. OPZP 2014–2020 je druhé programové období, první bylo OPZP 2007–2013 a pro žadatele má přichystáno téměř 2,79 miliard eur z Evropského fondu pro regionální rozvoj a Fondu soudržnosti. Řídicím orgánem je Ministerstvo životního prostředí, zprostředkujícími subjekty jsou Státní fond životního prostředí ČR pro všechny prioritní osy s výjimkou prioritní osy 4 a Agentura ochrany přírody a krajiny ČR pro příjem a hodnocení žádostí v prioritní ose 4 (MŽP ©2008–2020). Je rozdělen do pěti prioritních os, který zaujímají celé životní prostředí.

- Prioritní osa 1 - Zlepšování kvality vod a snižování rizika povodní
- Prioritní osa 2 - Zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech
- Prioritní osa 3 - Odpady a materiálové toky, ekologické zátěže a rizika
- Prioritní osa 4 - Ochrana a péče o přírodu a krajinu
- Prioritní osa 5 - Energetické úspory
- Prioritní osa 6 – Technická pomoc

Hlavním cílem OPZP je ochrana a zajištění kvalitního prostředí pro život obyvatel ČR, podpora efektivního využívání zdrojů, snížení negativních dopadů lidské činnosti na životní prostředí a zmírňování dopadů změny klimatu. Největší část finančních prostředků směřuje do dlouhodobě problematických a finančně náročných projektů na zlepšení kvality ovzduší a vodohospodářské infrastruktury, na opatření proti suchu, povodním a sanaci ekologických zátěží. Podporu lze čerpat i na řadu dalších projektů zahrnující energetické úspory u veřejných budov, předcházení produkce odpadů a jejich další využívání, posílení biodiverzity a zlepšení kvality prostředí v obcích a městech. Nejdůležitější pro protipovodňová opatření je „Prioritní

osa 1“. V rámci této osy jde o podporu preventivních protipovodňových opatření. V Operačním programu Životní prostředí 2014 – 2020 bylo v ose 1 bylo vyplaceno ke dni 9.2. 2021 příspěvky v celkové výši 14,2 mld Kč. Prostředky využijí zejména obce, kraje, organizace státní správy a samosprávy, výzkumné a vědecké ústavy, školská zařízení, ale i právnické a fyzické osoby podnikající (MŽP ©2008–2020).

7 Metodika

Získávání informací pro moji bakalářskou práci představovalo hledání odborných zdrojů z důvodu pravdivosti informací obsažených v daném zdroji. Dále kontaktování podniku Povodí Labe pro dosažení co nejpřesnějších informací o povodních, opatřeních proti povodním a dále. Následovalo kontaktování úřadů měst pro sběr informací o daném tématu protipovodňových opatření. Osobní přítomnost zájmového území byla náročná z důvodů pandemie COVID – 19 a dodržování opatření spojených s pandemií.

8 Diskuze a závěr

Povodně nejsou nikdy příjemnou věcí, ale dávají nám možnost, se z těchto špatných věcí poučit a následně aplikovat nové poznatky na další události. Povodně nelze eliminovat úplně, můžeme ale zmírnit jejich dopady na společnost. Mnoho lidí přišlo díky povodni o střechu nad hlavou či o vlastní život. Především z těchto tragických událostí si musíme odnést informace co přesně scházelo či bylo málo účinné, aby se zabránilo těmto tragédiím. Povodně v roce 1997 jsou toho dobrým příkladem. Po těchto povodních, které zasáhly nejen Českou republiku, ale i okolní státy, vyšly na povrch chyby a nedostačující protipovodňová ochrana. Po této katastrofě se začaly zajímat o povodně vládní úřady a docházelo ke změnám legislativy, nastavení protipovodňových opatření a odstranění největších nedostatků.

Z každé této situace se lidstvo poučí a snaží se na to reagovat. V mnoha případech by bylo lepší nereagovat na ničivou událost ale předpovídat ji, aby se zabránilo ztrátám na životech a majetku. Stejný případ je i mé zájmové území. Některá protipovodňová opatření se začaly řešit po povodních v roce 2010, které zničily Frýdlant, Višňovou a další města i obce. Pokud by byla protipovodňová opatření vybudovaná před povodněmi v roce 2010 tak by alespoň částečně zamezila škodám v daném území, které se vyšplhaly na poměrně vysoká čísla. V rámci Libereckého a Ústeckého kraje škody dosáhly hranice 10 mld Kč. Problém trvá už staletí, protože z historického hlediska se stavěly města a vesnice v blízkosti řek či rovnou na řece právě kvůli dostupnosti k vodě, bez které by města či vesnice nemohly fungovat. Intravilán města se špatně brání před vylitím vody z koryta, v případě, že je koryto na daný průtok nedostačující. Zároveň není možné, aby byl průtok obestavěn dvoumetrovými zdmi.

Díky této práci a studii, která byla vytvořena jsem si uvědomil, že město Liberec není příliš chráněno proti povodním. Koryto v centru města pojme vodu o průtoku maximálně Q_5 . Zbylé průtoky Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} (dvacetiletá, padesátiletá, stoletá) neznamena skutečnost, že povodeň se dostaví jednou za 20 let. Povodeň o průtoku Q_{20} se může dostavit po 5, klidně i po 2 letech. Hodnoty Q_{20} koryto už nepojme, takže může dojít k dalším povodním za dva roky či dříve. Je to 11 let od ničivých povodní v Libereckém kraji. Protipovodňová opatření v Liberci se začala řešit až v posledních letech a výstavba první etapy má být realizována až v období 2027-2028. K řešení došlo dle mého názoru pozdě, a proto doufám že do té doby se žádné ničivé události nedostaví.

9 Literatura

9.1 Odborná literatura

ANDJELKOVIC, I., Guidelines on Non-structural Measures in Urban Flood management. IHP-V Technical Documents in Hydrology, No. 50. UNESCO, Paris, 2001.

ČAMROVÁ, L., JÍLKOVÁ, J. a kol., 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.

DAŇHELKA, J., Katastrofální povodeň v srpnu 2002. Geografické rozhledy, 13(4), 90–91. 2004.

DRBAL, K. a kol., Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. 2009. MŽP Praha. 86 s.

DUMBROVSKÝ, M., ŠINDLAR, M., Zvýšení protipovodňové ochrany v povodí - přírodě blízká protipovodňová a protierozní opatření, IDEADESIGN studio s.r.o. Hradec Králove, 2012. 29 s.

HUTTER, G., Strategic planning for long-term flood risk management: some suggestions for learning how to make strategy at regional and local level, International Planning Studies, 12(3), pp. 273–289. 2007.

JAMES, L. D., & KOROM, S. F., Lessons from Grand Forks: Planning Nonstructural Flood Control Measures. Natural Hazards Review, 2(4), 182–192. 2001. doi:10.1061/(asce)1527-6988(2001)2:4(182)

JUST, T. , Metodické doporučení: Navrhování revitalizací vodních toků v nezastavěné krajině. Agentura ochrany přírody a krajiny, Regionální pracoviště Střední Čechy, 2018, Praha.

JUST, T., MATOUŠEK, V., DUŠEK, M., FISCHER, D., KARLÍK, P., Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. ZO ČSOP Hořovicko, 2005, Praha, 360 s.

KRZYSZTOFOWICZ, R., A theory of flood warning systems. Water Resources Research, 29(12), 3981–3994. 1993. doi:10.1029/93wr00961

KŘÍŽEK, M., ENGEL, Z., Povodně v České republice – pět a deset let poté. Geografické rozhledy, 16(4), 12–13. 2007.

MŽP, Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002. Praha, Ministerstvo životního prostředí, 2005. ISBN 80-7212-350-5.

NEIßE, Lužická Nisa CEC Lausitzer; POL, Nysa Łużycka. Transnational Pilot River Basin Lusatian Neisse. 2013.

NEUVEL, J. M. M., & VAN DER KNAAP, W., A Spatial Planning Perspective for Measures Concerning Flood Risk Management. International Journal of Water Resources Development, 26(2), 283–296. 2010. doi:10.1080/07900621003655668

PLECHÁČ, V., Vodní hospodářství na území České republiky, jeho vývoj a možné perspektivy. EVAN, Praha, 248 s., 1999.

POVODÍ LABE, Zahájení výstavby poldru Višňová, Víška na Frýdlantsku. Tisková zpráva. Hradec Králové: Povodí Labe, státní podnik, 2019.

ŠVORC, L.; ŠVORCOVÁ, V. České řeky a říčky. Knihovna Jana Drdy, Příbram. 2006.

TEWDWR-JONES, M., Complexity and interdependency in a kaleidoscopic spatial planning landscape for Europe, in: L. Albrechts, J. Alden & A. Da Rosa Pires (Eds) The Changing Institutional Landscape of Planning, p. 8–34. 2001.

THOMAS, F., & KNÜPPE, K., From Flood Protection to Flood Risk Management: Insights from the Rhine River in North Rhine-Westphalia, Germany. Water Resources Management, 30(8), 2785–2800. 2016. doi:10.1007/s11269-016-1323-9

TURNER, R., FAUCHARD, C., MÉRIAUX, P., Geophysical and Geotechnical Methods for Diagnosing Flood Protection Dikes. éditions Quae, 2007. ISBN 9782759200351.

VAN LEEUWEN, E. S., HAGENS, J. E. & NIJKAMP, P., Multi-agent systems: a tool in spatial planning, DISP, 170(3), p. 19., 2007.

WEYSKRABOVÁ, Lenka. Protipovodňová opatření. Praha, 2011. Studie. ČVUT v Praze.

ZBIGNIEW W. KUNDZEWICZ & KUNIYOSHI TAKEUCHI, Floodprotection and management: quo vadimus?, Hydrological Sciences Journal, 44:3, 417-432, 1999. DOI:10.1080/02626669909492237

9.2 Legislativní zdroje

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů., Česká republika. Zák. č. 254/2001 Sb. o vodách. In Sběrka zákonů, ČR. 2001.

9.3 Internetové zdroje

Aktuálně.cz: Povodně 2013 [online]. Praha: Aktuálně.cz, 2013 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.aktualne.cz/wiki/domaci/povodne-2013/r~i:wiki:3791/>

Časopis 112: Povodně v České republice [online]. 2015, XIV(4/2015) [cit. 2021-03-23]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba/\\$FILE/OOV_Metodicky_pokyn_HPPS_20111231.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba/$FILE/OOV_Metodicky_pokyn_HPPS_20111231.pdf). Příloha.

ČHMÚ: Typy povodní. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2012a [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/ruzne/vyuka/HYDRO/14.pdf>

ČHMÚ: Programy protipovodňových opatření Ministerstva zemědělství. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2012b [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: http://voda.chmi.cz/pov_2002/prezentace/puncochar.pdf.

ENVYPARTNER: Protipovodňový plán města Frýdlant [online]. Brno, ENVYPARTNER, 2010a [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.edpp.cz/povodnovy-plan/frydlant/>

ENVYPARTNER: Protipovodňový plán obce Višňová [online]. Brno, ENVYPARTNER, 2010b [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.edpp.cz/povodnovy-plan/visnova/>

HRABICA, P., Metro: Povodně 2002. Tisíciletá voda může Prahu spláchnout znova. [online]. 2018 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://www.metro.cz/povodne-2002-tisicileta-voda-muze-prahu-splachnout-znova-pia-/praha.aspx?c=A180812_203901_metro-praha_jsk

JUST, T., Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky: Přírodě blízká protipovodňová ochrana (PBPPPO). [online]. 2013 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/prirode-blizka-protipovodnova-ochrana-pbppo/>

MVČR: Povodeň. [online]. Ministerstvo vnitra České republiky, © 2021 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/povoden.aspx>

MZe: Prevence před povodněmi [online]. Ministerstvo zemědělství, © 200–2021a [cit. 2021-03-24]. Dostupný z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi/prevence-pred-povodnemi/>

MZe: Protipovodňová opatření v IÚ Smědé, Višňová – Víška, Minkovice [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, © 2009-2021b [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/app/vodev/protipovod_opatreni/pdf/GetOpatreni.ashx?ca=129D123006022

MŽP: Operační program Životní prostředí [online]. Ministerstvo životního prostředí, © 2008–2020 [cit. 2021-03-24]. Dostupný z: <https://www.opzp.cz/>

PODZIMEK, S., Návrh etapizace výstavby protipovodňových opatření města Liberec [online]. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, 2020, [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.liberec.cz/files/dokumenty/odbory/odbor-ekologie-verejneho-prostoru/2021/ppo/1.pdf>

PODZIMEK, S., Koncepce protipovodňové ochrany města Liberec [online]. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, 2020, [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.liberec.cz/files/dokumenty/odbory/odbor-ekologie-verejneho-prostoru/2021/ppo/1.pdf>

Statutární město Liberec: Geografické údaje [online]. ©2019a [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.liberec.cz/cz/mesto-samosprava/profil-statut-mesta/geograficke-udaje/>

Statutární město Liberec: Územní plán města Liberec [online]. ©2019b [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://www.liberec.cz/cz/prakticke-informace/uzemni-planovani/uzemni-plany-obci/statutarni-mesto-liberec/>

ŠTĚPÁNKOVÁ, P., Jarní povodeň 2006 v České republice příčiny a následky [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: http://vuv.cz/files/pdf/problematika_povodni/povoden-2006_poster.pdf

Věstník MŽP: Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby [online]. 2011, 2011(12), 19 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba/\\$FILE/OOV_Metodicky_pokyn_HPPS_20111231.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba/$FILE/OOV_Metodicky_pokyn_HPPS_20111231.pdf)

VRV: Podkladová analýza pro následnou realizaci protipovodňových opatření včetně přírodě blízkých protipovodňových opatření v Mikroregionu Frýdlantsko [online]. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s, 2015 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <http://dso.mesto-frydlant.cz/#>

9.4 Ostatní zdroje

DAŇHELKA, J. a kol., Vyhodnocení povodní v červnu 2013: Ekonomické dopady povodní. Dílčí zpráva. Český hydrometeorologický ústav. Praha, 2013.

DAŇHELKA, J. a kol., Vyhodnocení povodní v červnu 2013. Souhrnná zpráva. Český hydrometeorologický ústav. Praha, 2014.

HLADNÝ, J. a kol., Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva. Český hydrometeorologický ústav. Praha, 1998.

KOUTECKÁ HÁNOVÁ, K. a kol., Zpracování studií odtokových poměrů na vybraných úsecích toků s významným povodňovým rizikem v dílčím povodí Lužické Nisy a ostatních přítoků Odry. Praha, Vodohospodářský rozvoj a výstavba, 2015.

KUBÁT, J. a kol., Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území české republiky. Souhrnná zpráva. Český hydrometeorologický ústav. Praha, 2009a.

KUBÁT, J. a kol., Vyhodnocení povodní v červnu a v červenci 2009: Ekonomické a sociální dopady povodní. Dílčí zpráva. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2009b.

KUBÁT, J. a kol., Vyhodnocení povodní v červnu a v červenci 2009: Hydrologický průběh povodní. Dílčí zpráva. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2009c.

KUBÁT, J. a kol., Vyhodnocení povodní v srpnu 2010. Souhrnná zpráva. Český hydrometeorologický ústav. Praha, 2010.

KUBÁT, J. a kol., Vyhodnocení povodní v srpnu 2010: Ekonomické a sociální dopady povodní. Dílčí zpráva. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2010.

PELTAN, Jiří. Vodní toky. 1997. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Právnická fakulta. Vedoucí práce Ivana Průchová.

POVODÍ LABE, Zahájení výstavby poldru Višňová, Víška na Frýdlantsku. Tisková zpráva. Povodí Labe. Hradec Králové, 2019.

POVODÍ VLTAVY, Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002. Povodí Vltavy. Praha, 2003.

VRV, Studie odtokových poměrů včetně návrhů možných protipovodňových opatření pro povodí Lužické Nisy. Vodohospodářský rozvoj a výstavba. Praha, 2016.

10 Seznam obrázků

Obr.1 – Výška sněhové pokrývky v zimní sezóně 2005-2006 (LIPINA, P. : Rekordní hodnoty sněhu ve Vsetíně na začátku roku 2006 (online) [cit. 2021.03.29] dostupné z:

<http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1584874919>)

Obr. 2. – Periodicita maximálních denních úhrnů srážek v období 20.6.2009 – 6.7.2009 (Kubát a kol 2009a).

Obr.3. – Průběh vybraných meteorologických prvků za období od 28. 5. do 27. 6. 2013 (Daňhelka a kol 2014)

Obr. 4. – Názorné rozdělení protipovodňových opatření (ČAMROVÁ A JÍLKOVÁ a kol 2006)

Obr.5 – Povodí řeky Lužická Nisa (<https://chmi.maps.arcgis.com>)

Obr. 6 – Rozvodnice povodí řeky Smědá (<https://chmi.maps.arcgis.com>)

Obr. 7 – záplavové území města Frýdlant průtokem Q_{20} (Envypartner 2010a)

Obr. 8. – záplavové území obce Višňový při průtoku Q_{20} (Envypartner 2010b)

Obr.9 – Úsek 11 – Povodňový park v ul. Winterova (Podzimek 2019)

Obr. 10 – Úsek 11 – Vzorový příčný profil úseku 11 (Podzimek 2019)

Obr.11 – Úsek 12 - Snížení mostové konstrukce (Podzimek 2019)

Obr. 12 – Úsek 12 – Záplavové území Q_{100} po snížení mostové konstrukce (Podzimek 2019)

Obr.13 – Úsek 13 – Návrh zdi na průtok Q_{20} (Podzimek 2019)

Obr.14 – Úsek 13 – Záplavové území po výstavbě (Podzimek 2019)

Obr.15 – Úsek 17 – Návrh protipovodňové zdi na průtok Q_5 (Podzimek 2019)

Obr.16 – Úsek 17 – Záplavové území po výstavbě (Podzimek 2019)

Obr.17 – Úsek 4 – Návrh průlehu na zkapacitnění mostu (Podzimek 2019)

Obr.18 – Úsek 4-Příčný profil (Podzimek 2019)

Obr.19 – Úsek 4 – Změna hladiny před a po úpravě (Podzimek 2019)

Obr.20 – Úsek 14a – Umístění protipovodňové zdi a jezu (Podzimek 2019)

Obr. 21 – Úsek 14b – Umístění návrhu protipovodňové zdi Q_{100} (Podzimek 2019)

Obr. 22 – Úsek 14b – Záplavové území po výstavbě zdi (Podzimek 2019)

Obr. 23 – Úsek 14c – Umístění návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Obr. 24 – Úsek 14c – Změna záplavového území po výstavbě opatření (Podzimek 2019)

Obr. 25 – Úsek 15 – Umístění návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Obr. 26 – Úsek 15 – Upravené záplavové území před a po výstavbě (Podzimek 2019)

Obr. 27 – Úsek 2 – Návrh protipovodňové zdi na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)

Obr. 28 – Úsek 2 – Záplavové území před i po návrhu protipovodňové zdi (Podzimek 2019)

Obr. 29 – Úsek 3 – Návrh protipovodňových zdí na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)

Obr. 30 – Úsek 3 – Záplavové území Q_{100} před i po návrhu (Podzimek 2019)

Obr. 31 – Úsek 6 – Návrh protipovodňové zdi na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)

Obr. 32 – Úsek 6 – Upravené záplavové území po návrhu protipovodňové zdi (Podzimek 2019)

Obr. 33 – Úsek 7 – Návrh opatření na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)

Obr. 34 – Úsek 7 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

- Obr. 35 – Hráz na Krčelském potoce
- Obr. 36 – Situace hráze na Krčelském potoce
- Obr. 37 – Zvýšení polní cesty za účelem řízeného rozlivu v obci Višňová
- Obr. 38 – Území řízeného rozlivu obec Višňová
- Obr. 39 – Ochranná hráz Víška dlouhá 1,4km
- Obr. 40 – Ochranná hráz Víška na konci vesnice Víška
- Obr. 41. – Zvýšený drážní těleso Višňová
- Obr. 42 – Opevněné koryto řeky Smědá ve městě Frýdlant
- Obr. 43 – Zámecký rybník Frýdlant (VRV, 2015)
- Obr. 44 – Rozbořený úsek pod koupalištěm Frýdlant (VRV, 2015)
- Obr. 45 – Úsek 08 – Návrh opatření na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)
- Obr. 46 – Úsek 08 – Upravené záplavové území po návrhu protipovodňové zdi (Podzimek 2019)
- Obr. 47 – Úsek 09 – Návrh opatření na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)
- Obr. 48 – Úsek 09 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)
- Obr. 49 – Úsek 10 – Návrh opatření na průtok Q_{20} (Podzimek 2019)
- Obr. 50 – Úsek 10 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)
- Obr. 51 – Úsek 18 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)
- Obr. 52 – Úsek 18 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)
- Obr. 53 – Úsek 01 – Návrh opatření na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)
- Obr. 54 – Úsek 01 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)
- Obr. 54 – Úsek 16 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)
- Obr. 56 – Úsek 16 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)
- Obr. 57 – Úsek 19 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)
- Obr. 58 – Úsek 19 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)
- Obr. 59 – Úsek 20 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)
- Obr. 60 – Úsek 20 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

11 Seznam příloh

- Příloha 01 – Etapa 01 – Úsek 11
- Příloha 02 Etapa 01 – Úsek 12
- Příloha 03 Etapa 01 – Úsek 13
- Příloha 04 Etapa 01 – Úsek 17
- Příloha 05 Etapa 02 – Úsek 04
- Příloha 06 Etapa 02 – Úsek 14a
- Příloha 07 Etapa 02 – Úsek 14b
- Příloha 08 Etapa 02 – Úsek 14c
- Příloha 09 Etapa 02 – Úsek 15
- Příloha 10 Etapa 03 – Úsek 02
- Příloha 11 Etapa 03 – Úsek 03
- Příloha 12 Etapa 03 – Úsek 06
- Příloha 13 Etapa 03 – Úsek 07
- Příloha 14 Suchý polder na Krčelském potoce
- Příloha 15 Místo řízeného rozlivu Višňová
- Příloha 16 Ochranná hráz Víška
- Příloha 17 Zvýšený drážní těleso v obci Višňová
- Příloha 18 Opevněné koryto řeky Smědá ve městě Frýdlant
- Příloha 19 Zámecký rybník a rozbořený úsek pod koupalištěm
- Příloha 20 Etapa 04 – Úsek 08
- Příloha 21 Etapa 04 – Úsek 09
- Příloha 22 Etapa 04 – Úsek 10
- Příloha 23 Etapa 04 – Úsek 18
- Příloha 24 Etapa 05 – Úsek 01
- Příloha 25 Etapa 05 – Úsek 16
- Příloha 26 Etapa 05 – Úsek 19
- Příloha 27 Etapa 05 – Úsek 20

12 Seznam tabulek

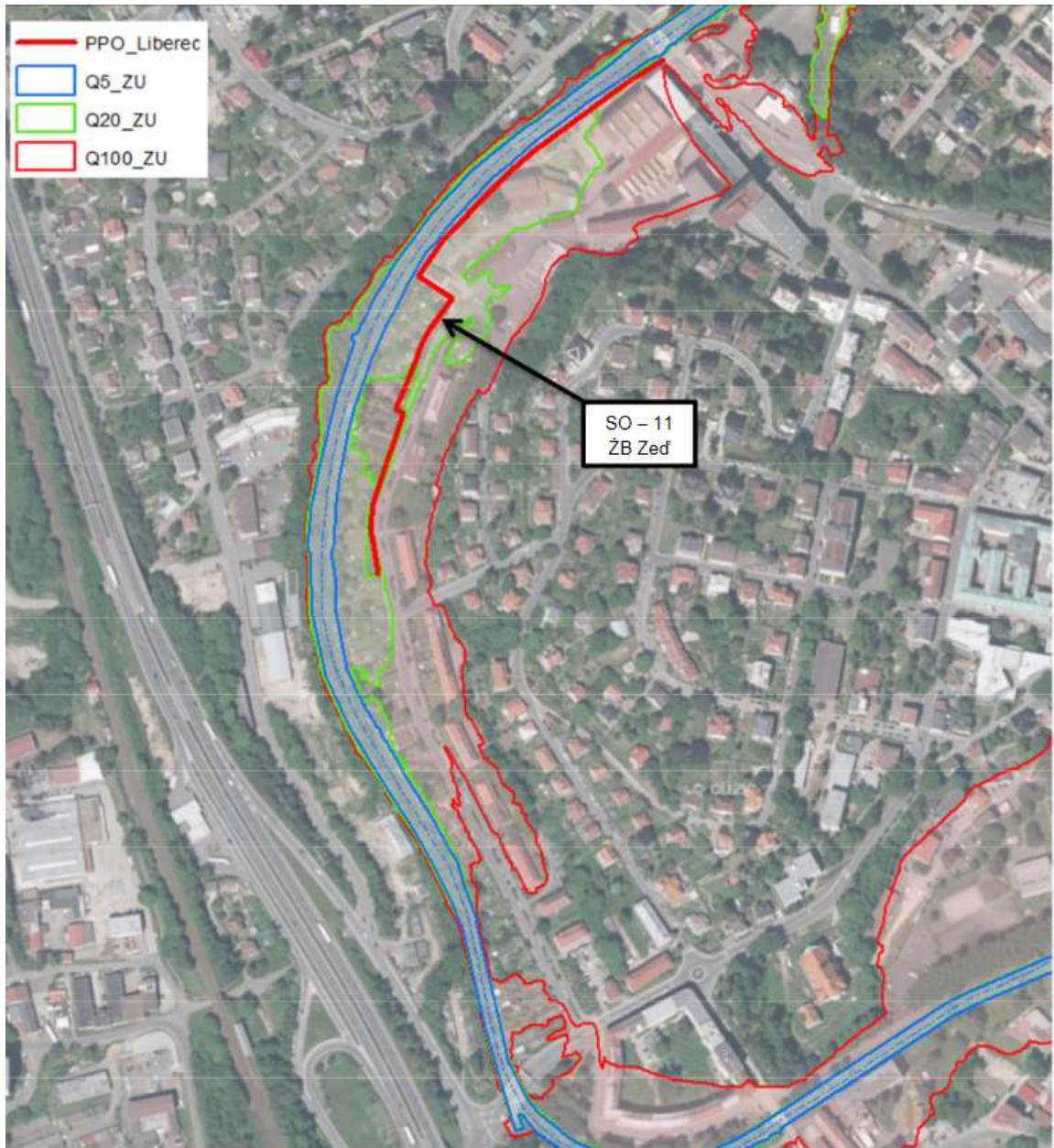
Tab. 2.1. Kulminační průtoky v nepozorovaných profilech s odhadem času výskytu a doby opakování (*) – H (hydraulický model), S-O (srážko-odtokový model) Zdroj: (Kubát a kol 2009c)

Tab. 2.2. Přehled největších úhrnů za dny 6.-8. srpna 2010 (Kubát a kol 2010a)

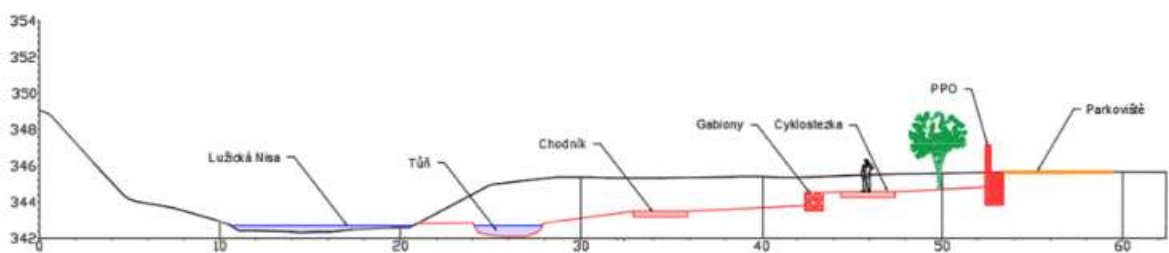
13 Samostatné přílohy

Příloha 01

Etapa 01 – Úsek 11

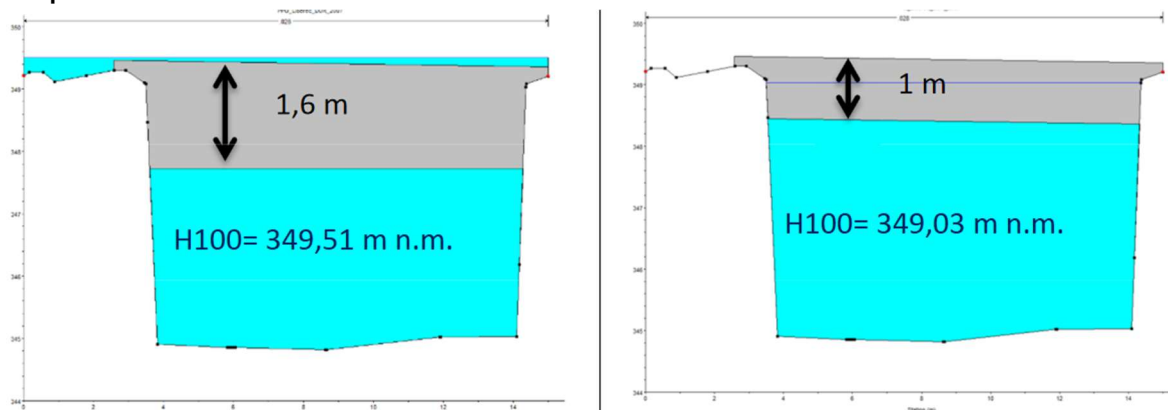


Obr.9 – Úsek 11 – Povodňový park v ul. Winterova (Podzimek 2019)

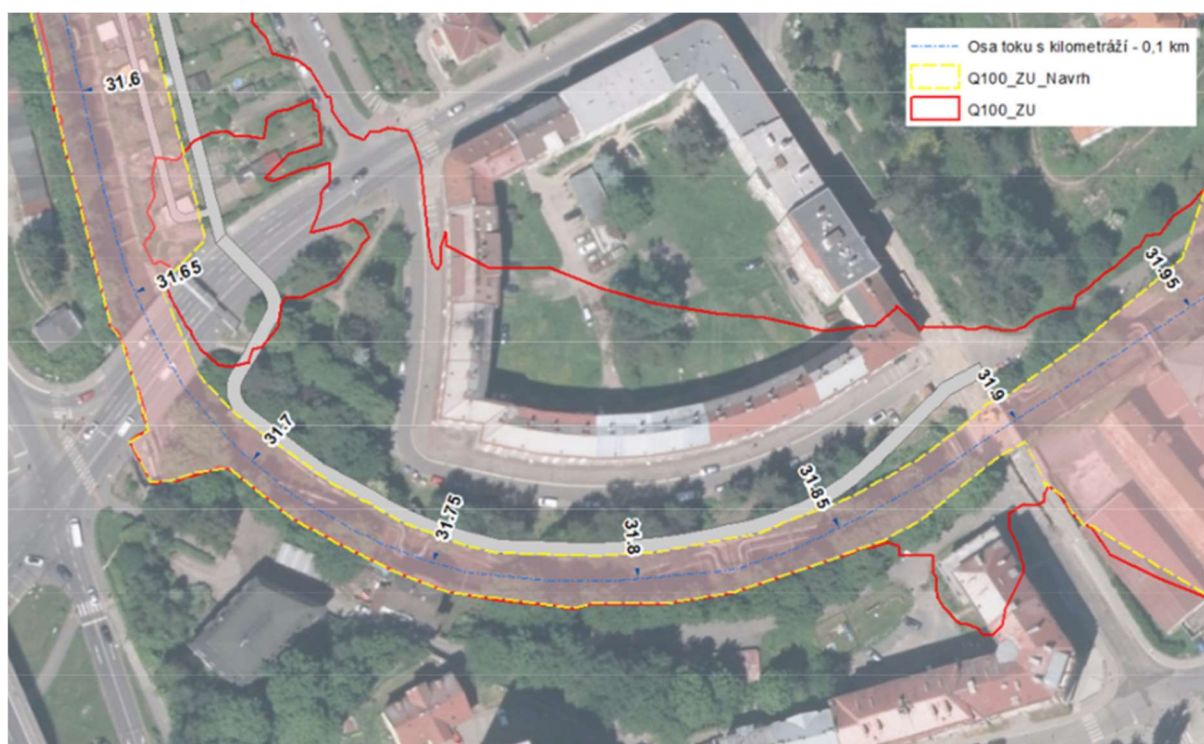


Obr. 10 – Úsek 11 – Vzorový příčný profil úseku 11 (Podzimek 2019)

Příloha 02 Etapa 01 – Úsek 12



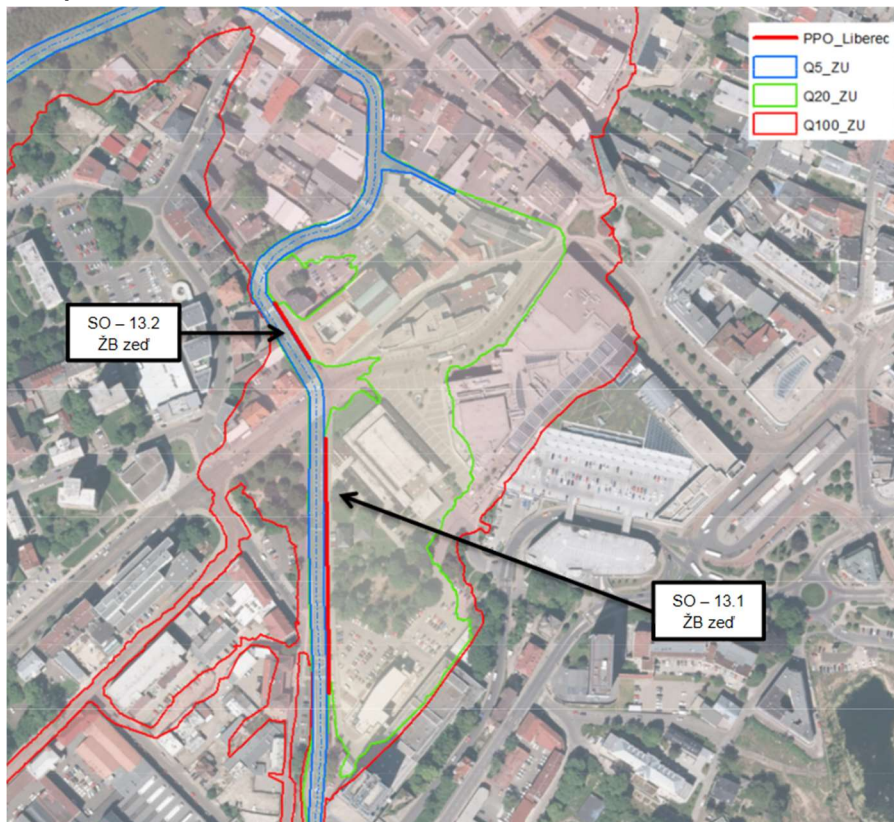
Obr.11 – Úsek 12 - Snížení mostové konstrukce (Podzimek 2019)



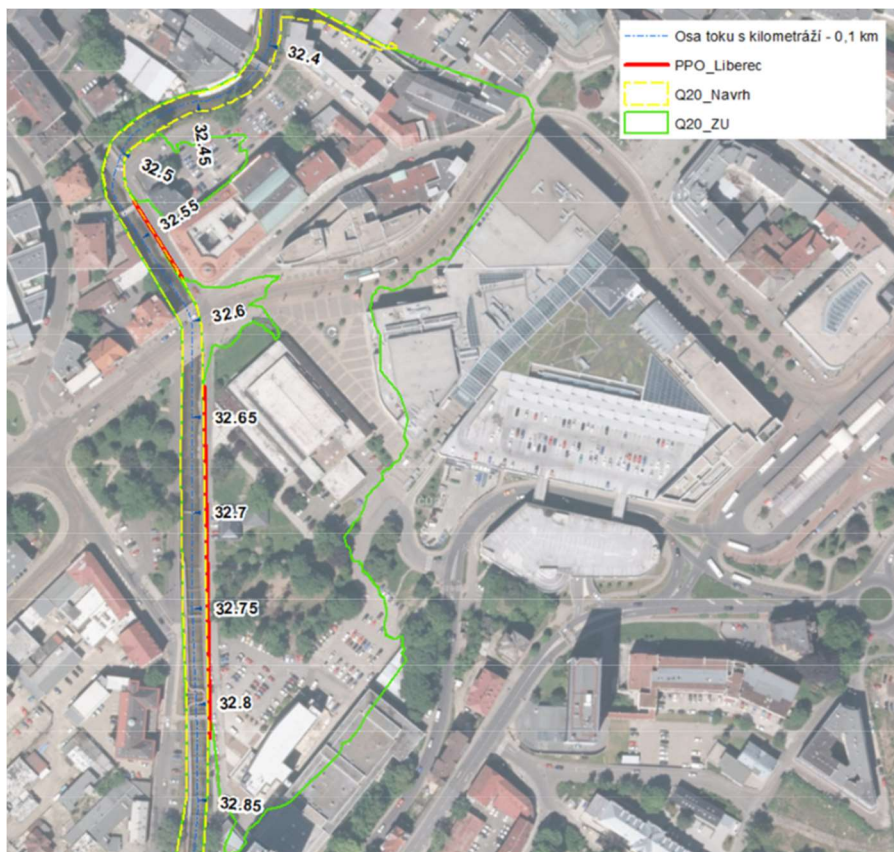
Obr. 12 – Úsek 12 – Záplavové území Q100 po snížení mostové konstrukce (Podzimek 2019)

Příloha 03

Etapa 01 – Úsek 13



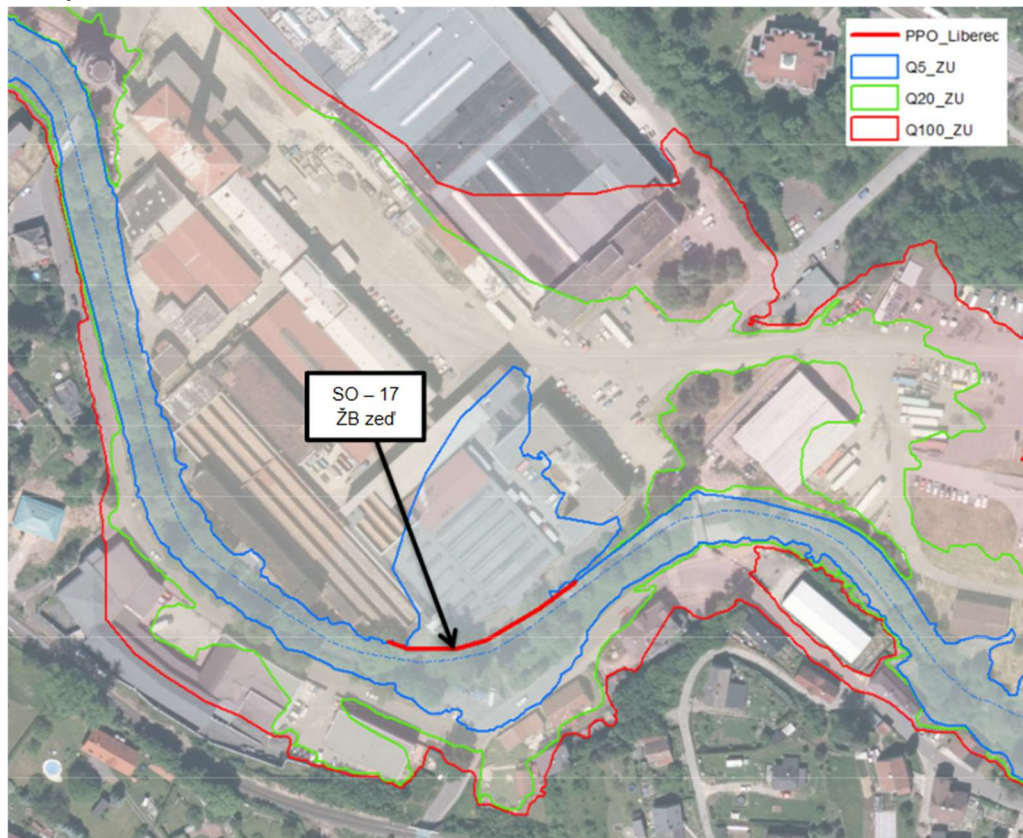
Obr.13 – Úsek 13 – Návrh zdí na průtok Q_{20} (Podzimek 2019)



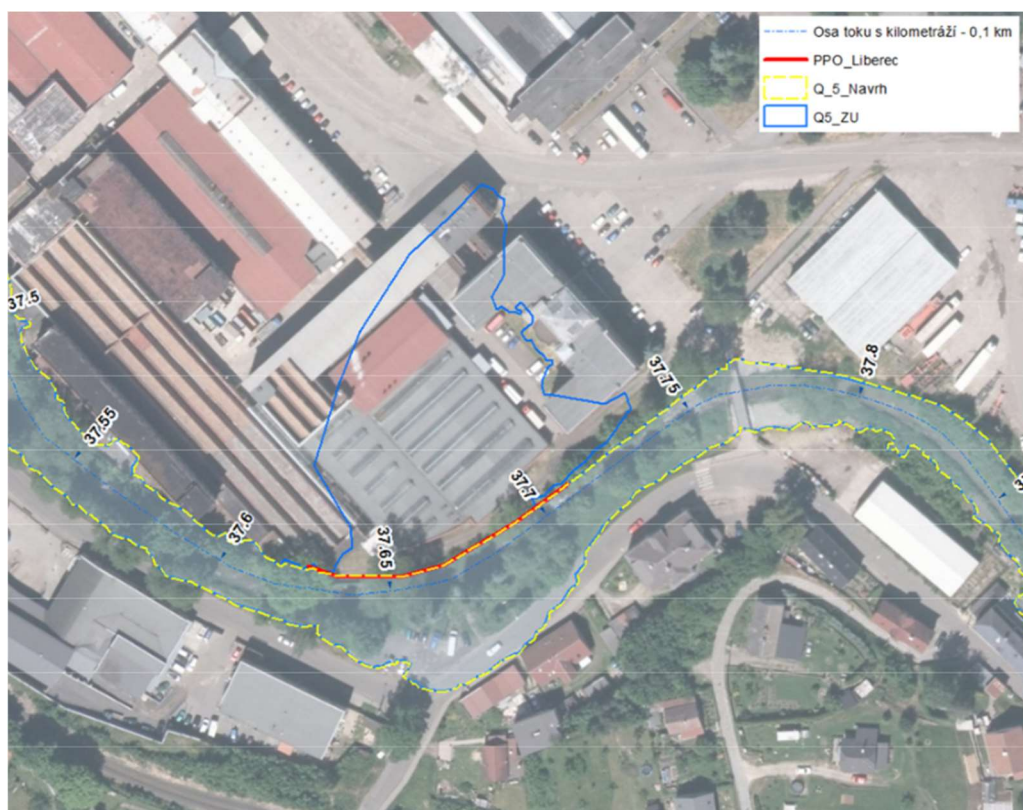
Obr.14 – Úsek 13 – Záplavové území po výstavbě (Podzimek 2019)

Příloha 04

Etapa 01 – Úsek 17

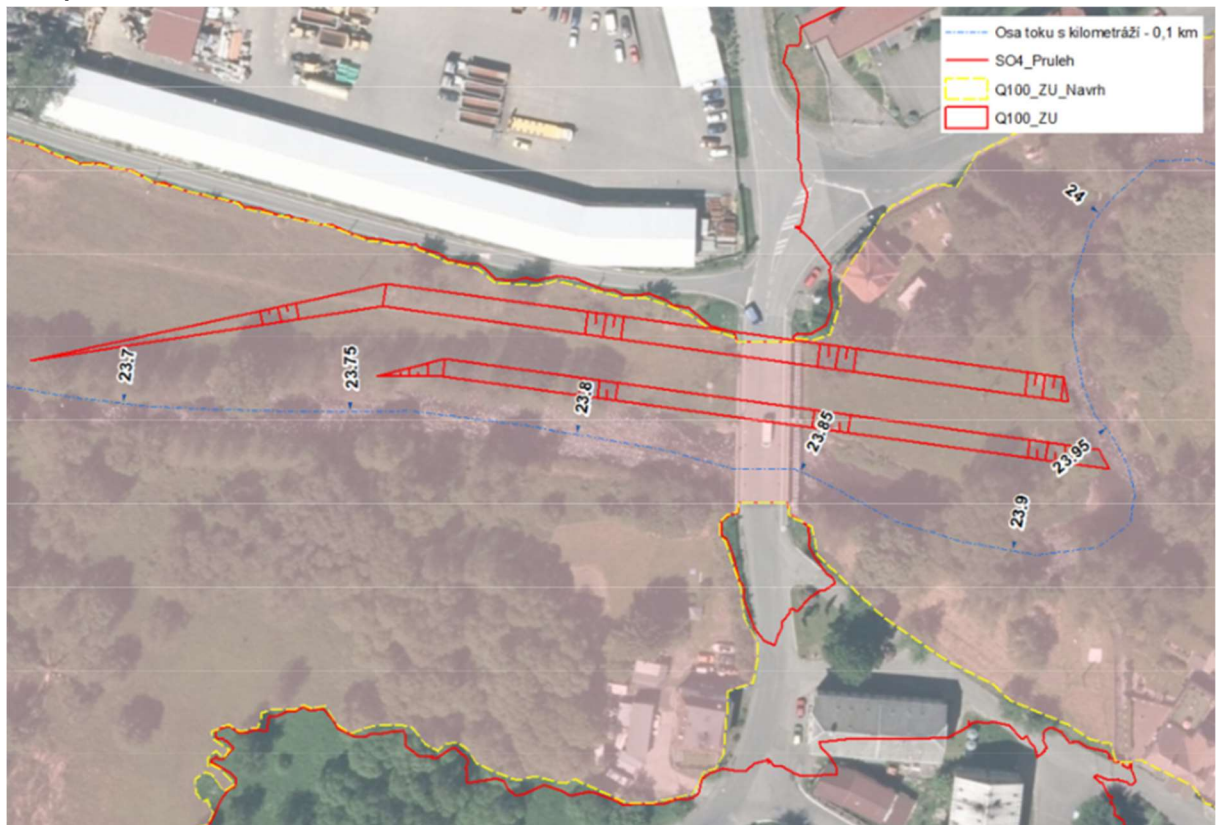


Obr.15 – Úsek 17 – Návrh protipovodňové zdi na průtok Q_5 (Podzimek 2019)

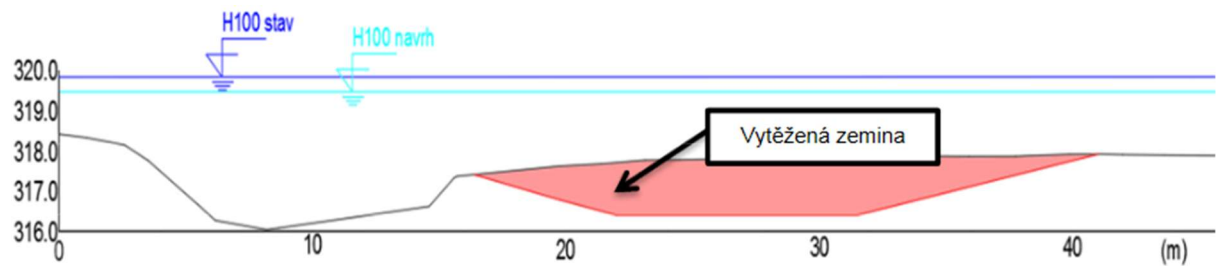


Obr.16 – Úsek 17 – Záplavové území po výstavbě (Podzimek 2019)

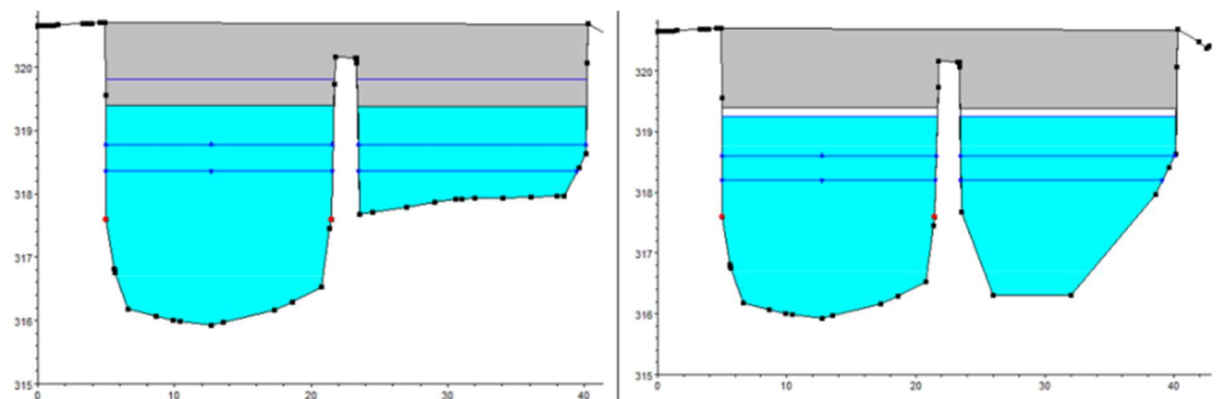
Příloha 05
 Etapa 02 – Úsek 04



Obr.17 – Úsek 4 – Návrh průlehu na zkapacitnění mostu (Podzimek 2019)

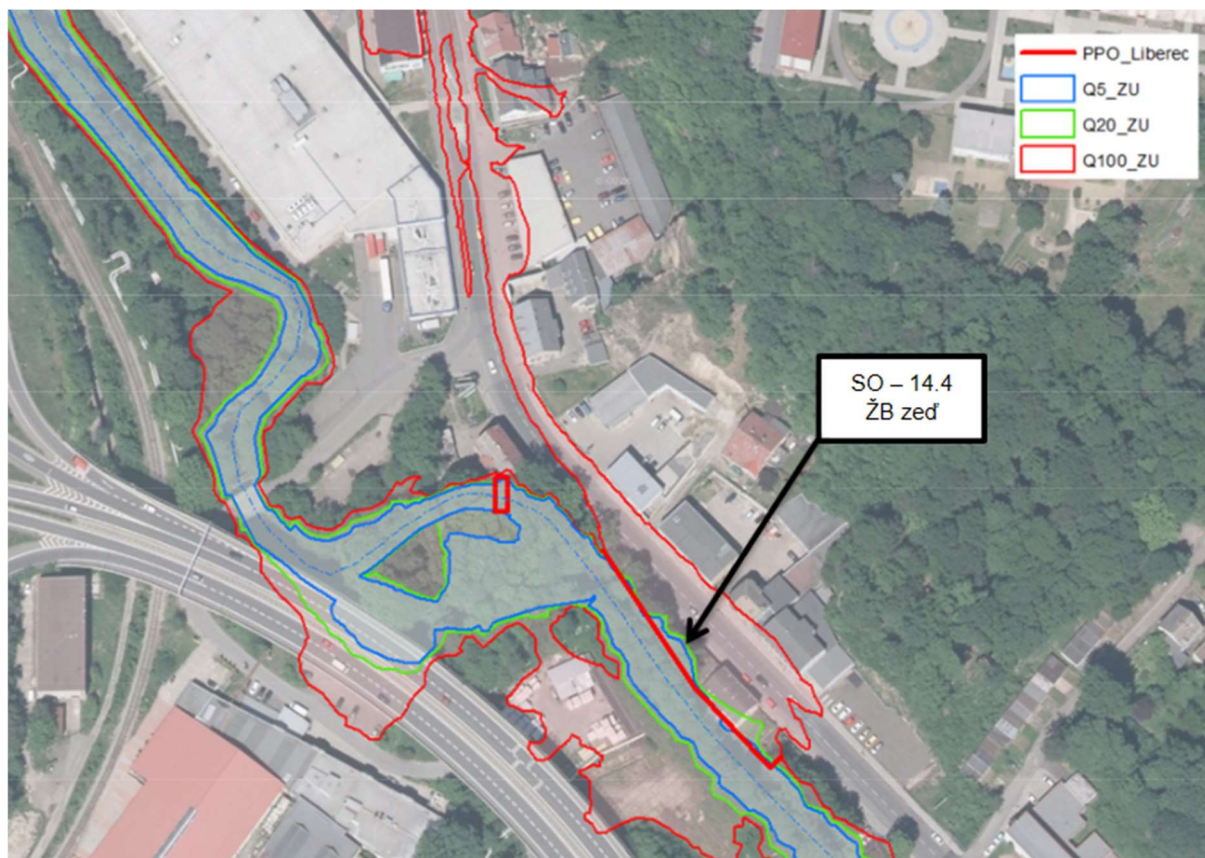


Obr.18-Úsek 4-Příčný profil (Podzimek 2019)



Obr.19 – Úsek 4 – Změna hladiny před a po úpravě (Podzimek 2019)

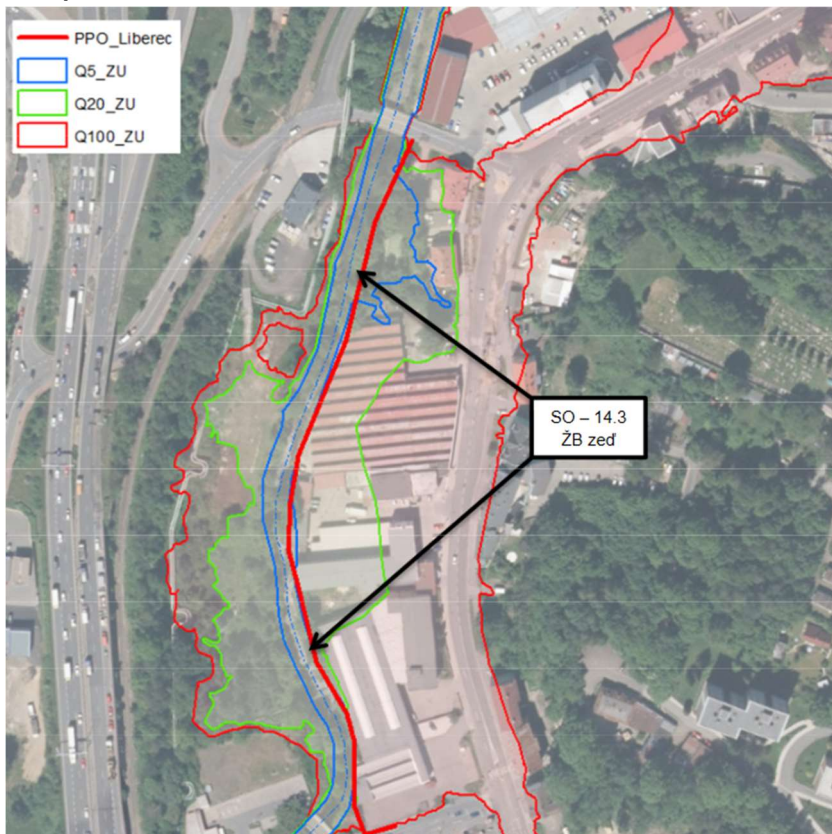
Příloha 06
Etapa 02 – Úsek 14a



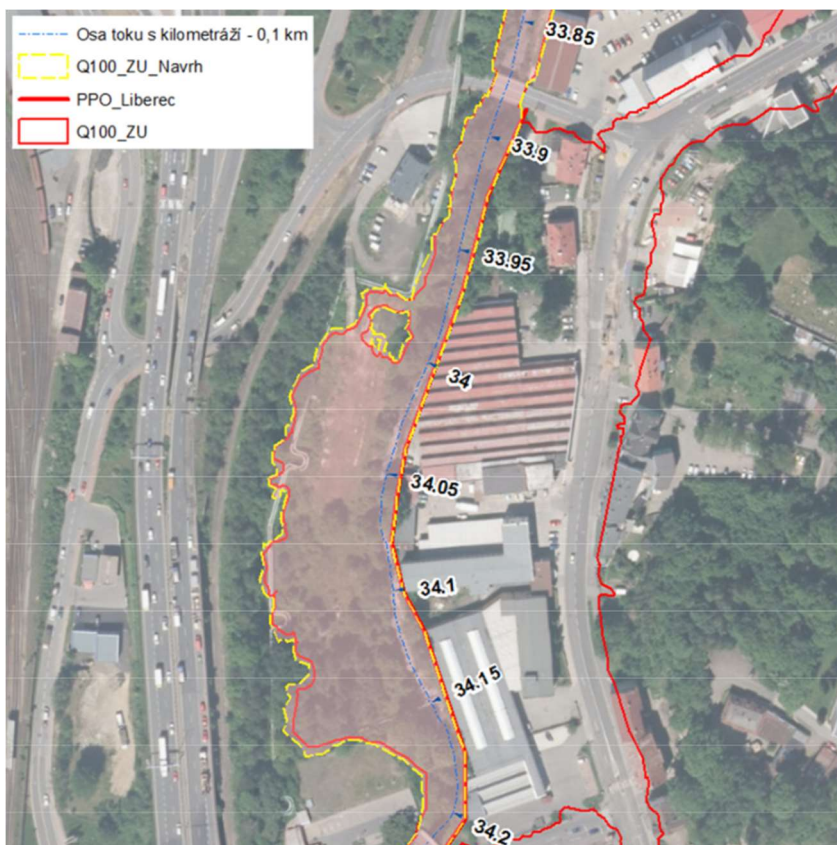
Obr.20 – Úsek 14a – Umístění protipovodňové zdi a jezu (Podzimek 2019)

Příloha 07

Etapa 02 – Úsek 14b



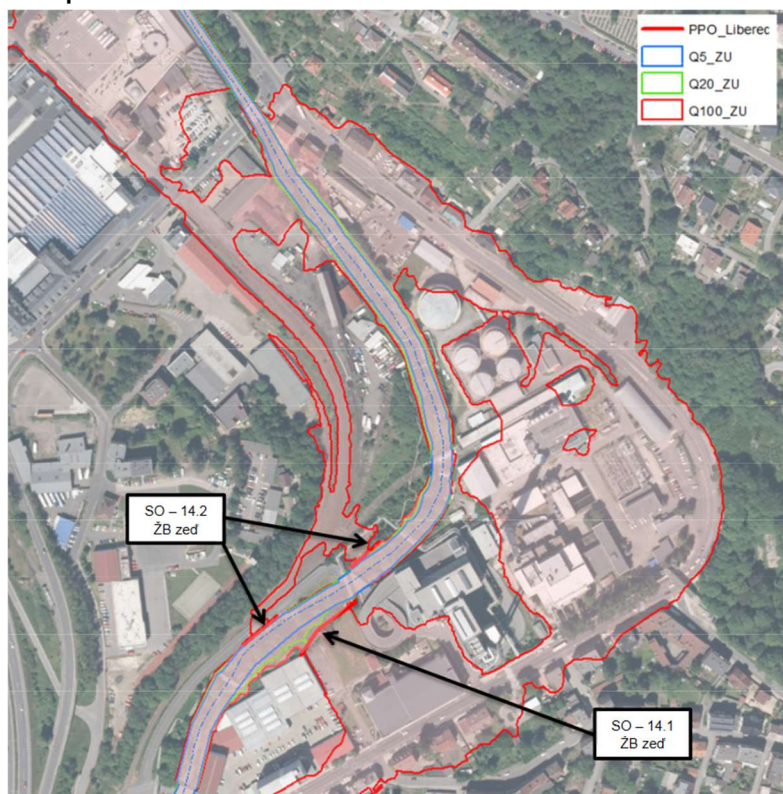
Obr. 21 – Úsek 14b – Umístění návrhu protipovodňové zdi Q₁₀₀ (Podzimek 2019)



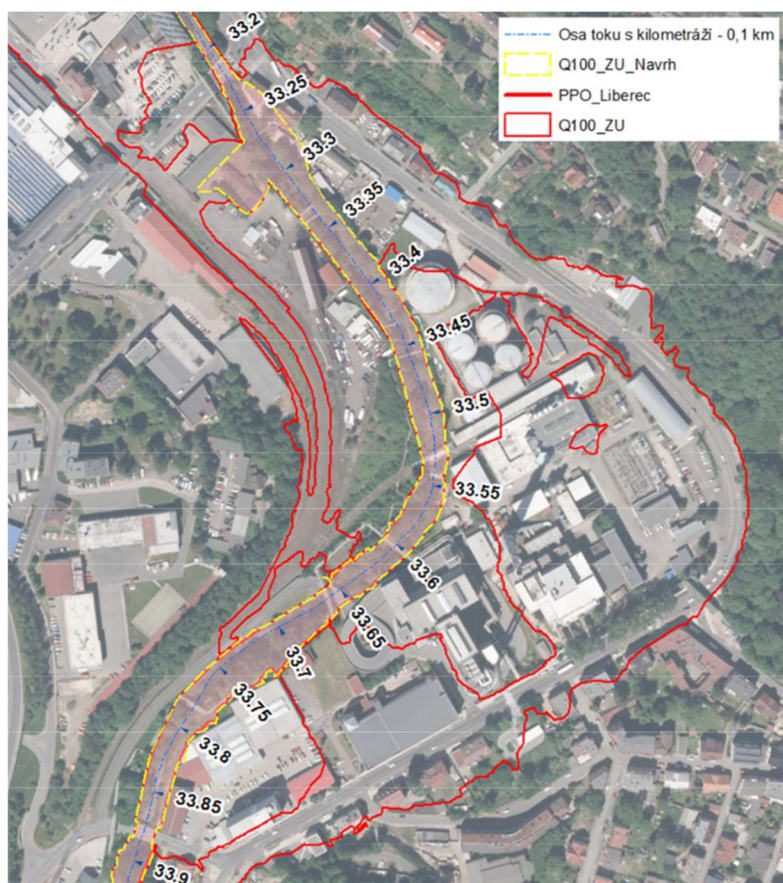
Obr. 22 – Úsek 14b – Záplavové území po výstavbě zdi (Podzimek 2019)

Příloha 08

Etapa 02 – Úsek 14c



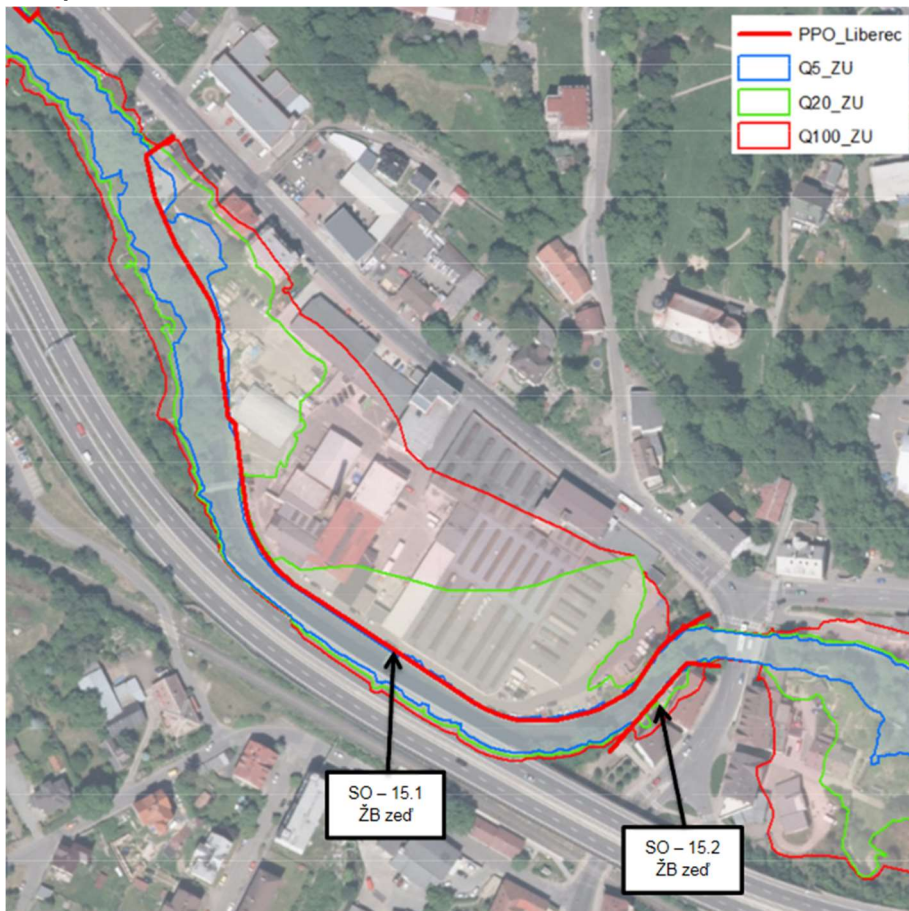
Obr. 23 – Úsek 14c – Umístění návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)



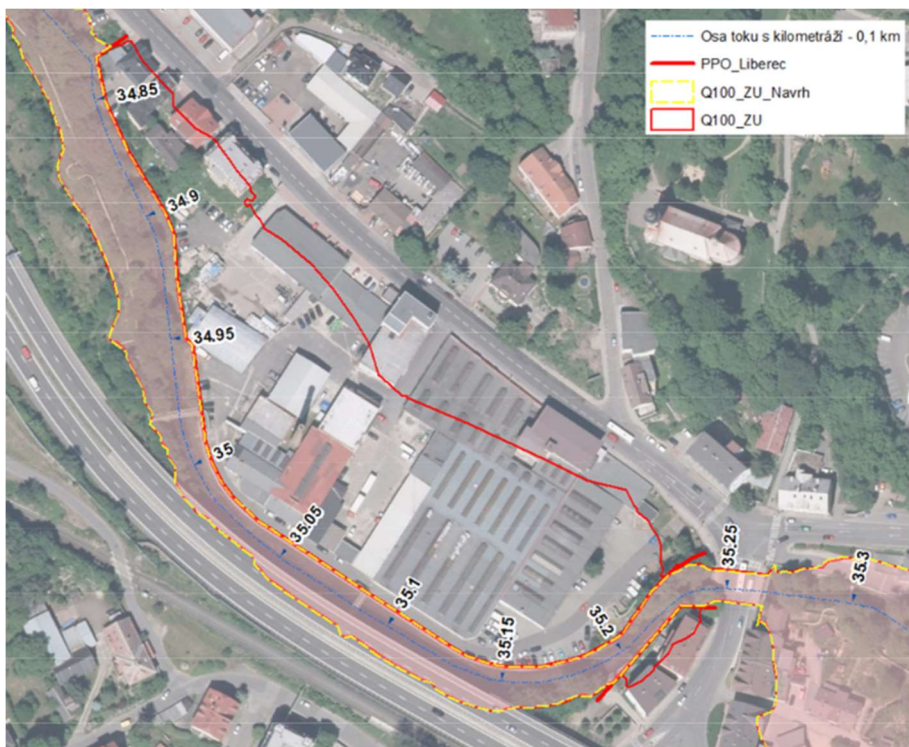
Obr. 24 – Úsek 14c – Změna záplavového území po výstavbě opatření (Podzimek 2019)

Příloha 09

Etapa 02 – Úsek 15

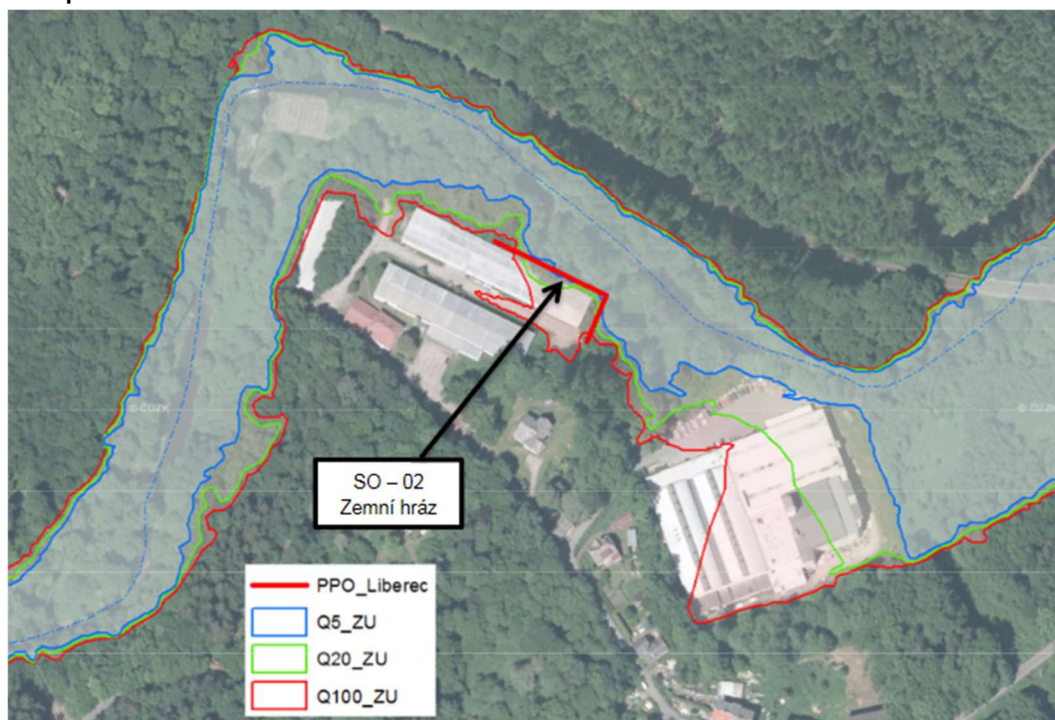


Obr. 25 – Úsek 15 – Umístění návrhu protipovodňových zdí (Podziměk 2019)



Obr. 26 – Úsek 15 – Upravené záplavové území před a po výstavbě (Podziměk 2019)

Příloha 10
Etapa 03 – Úsek 02

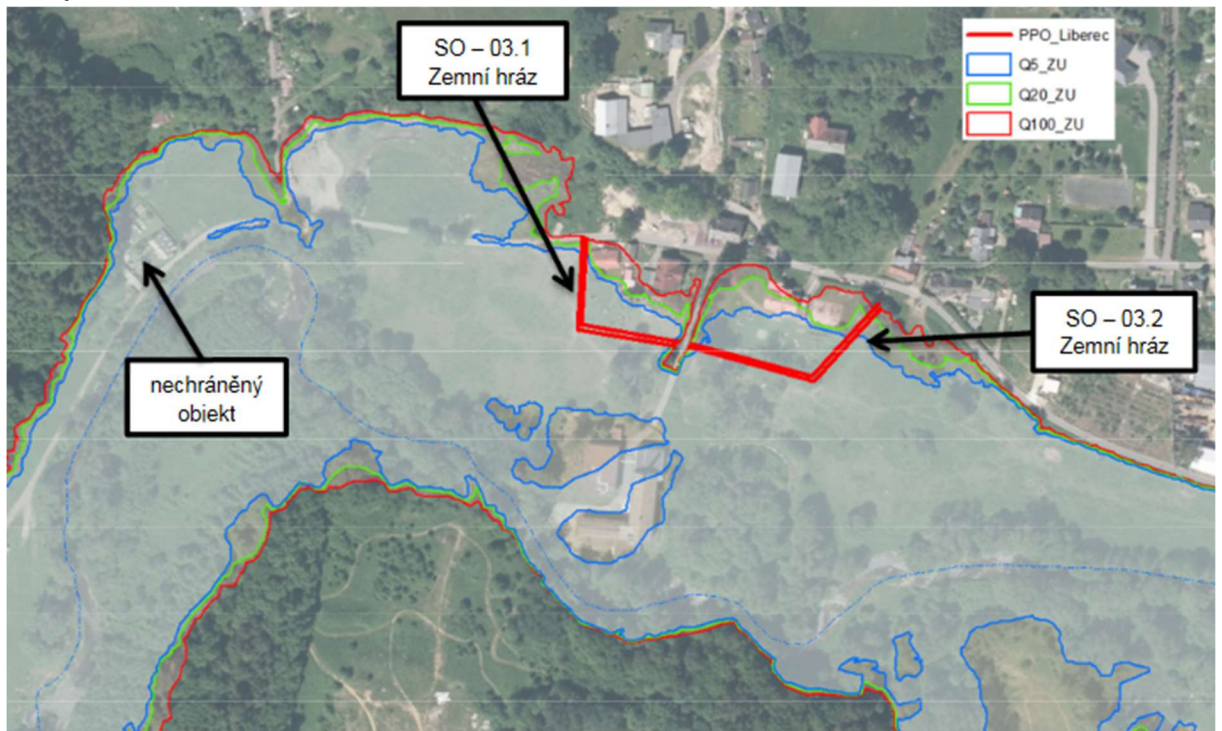


Obr. 27 – Úsek 2 – Návrh protipovodňové zdi na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)

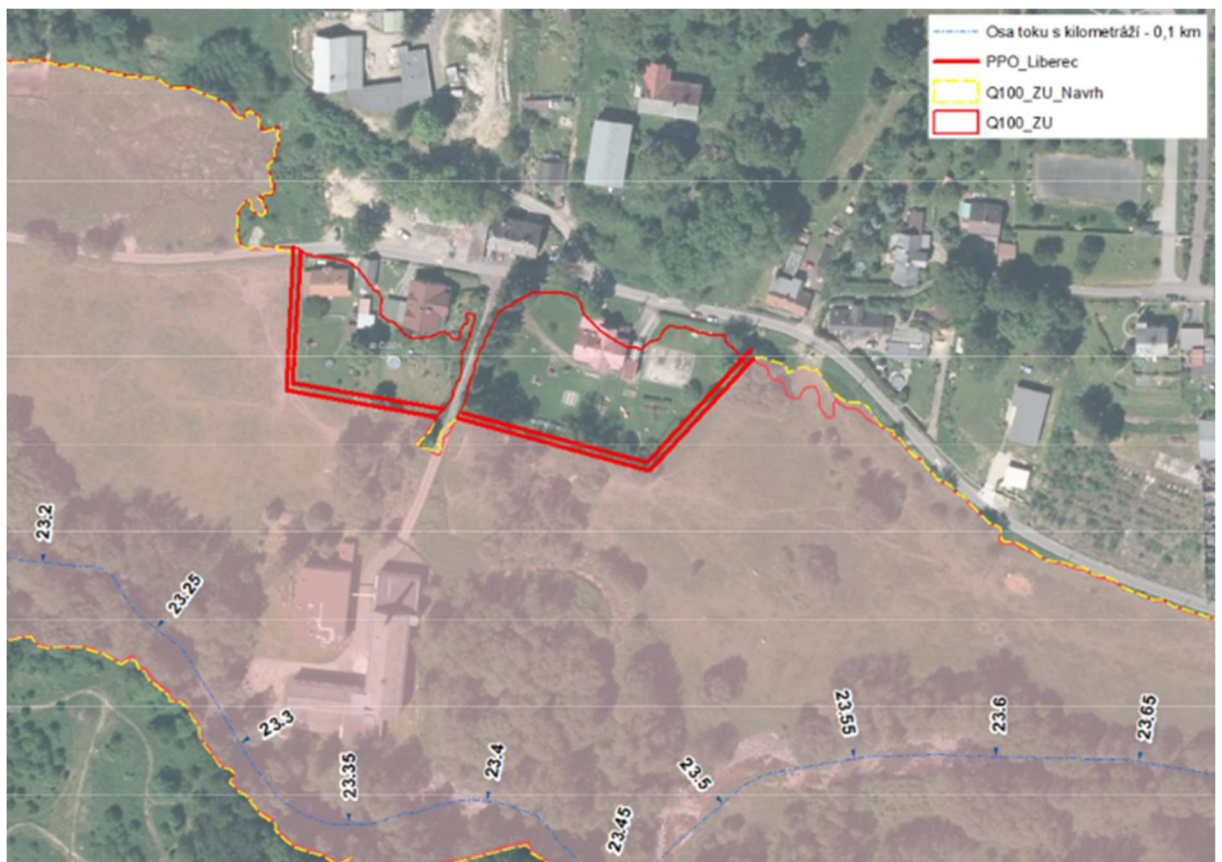


Obr. 28 – Úsek 2 – Záplavové území před i po návrhu protipovodňové zdi (Podzimek 2019)

Příloha 11
Etapa 03 – Úsek 03

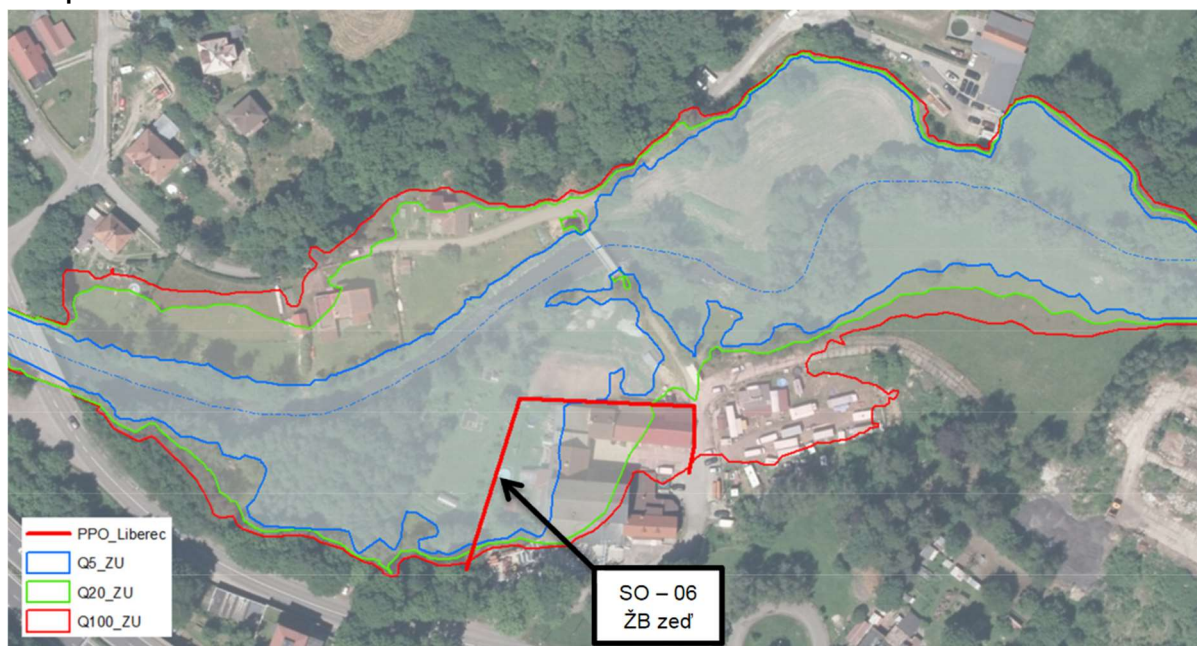


Obr. 29 – Úsek 3 – Návrh protipovodňových zdí na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)



Obr. 30 – Úsek 3 – Záplavové území Q_{100} před i po návrhu (Podzimek 2019)

Příloha 12
Etapa 03 – Úsek 06

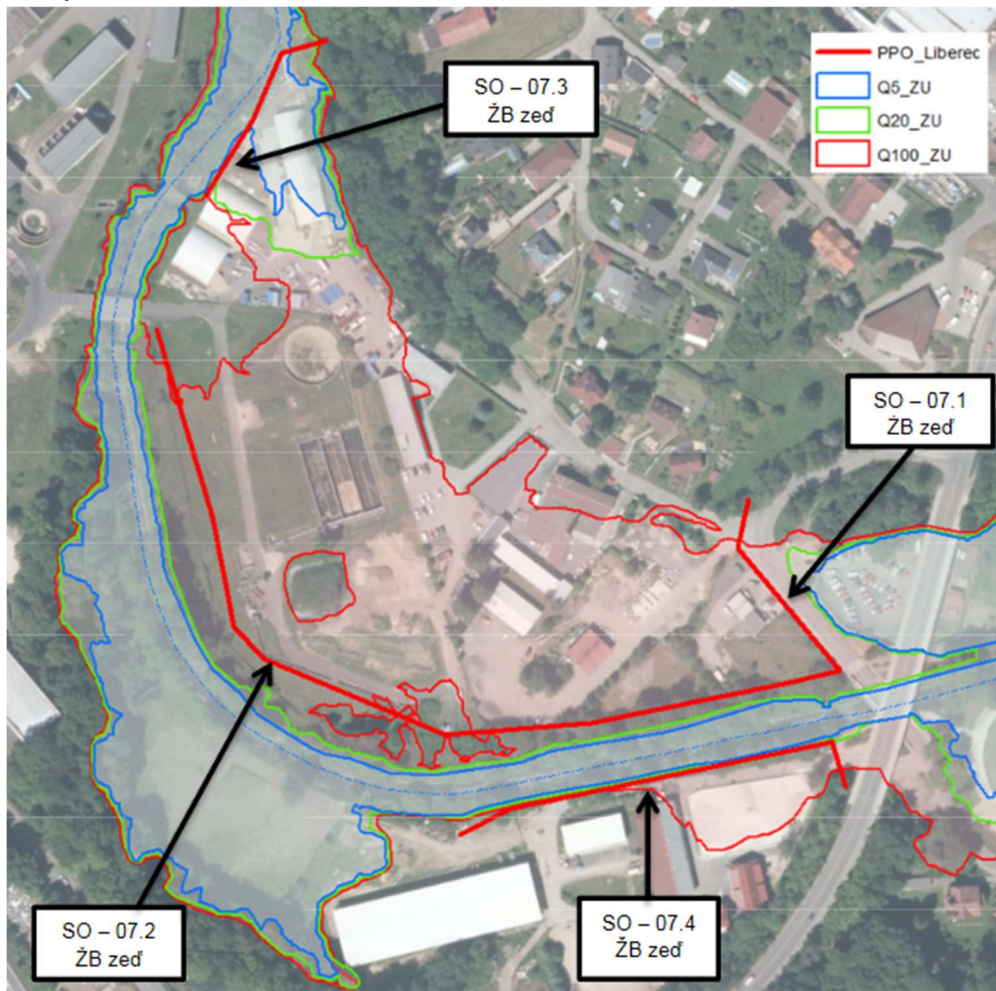


Obr. 31 – Úsek 6 – Návrh protipovodňové zdi na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)

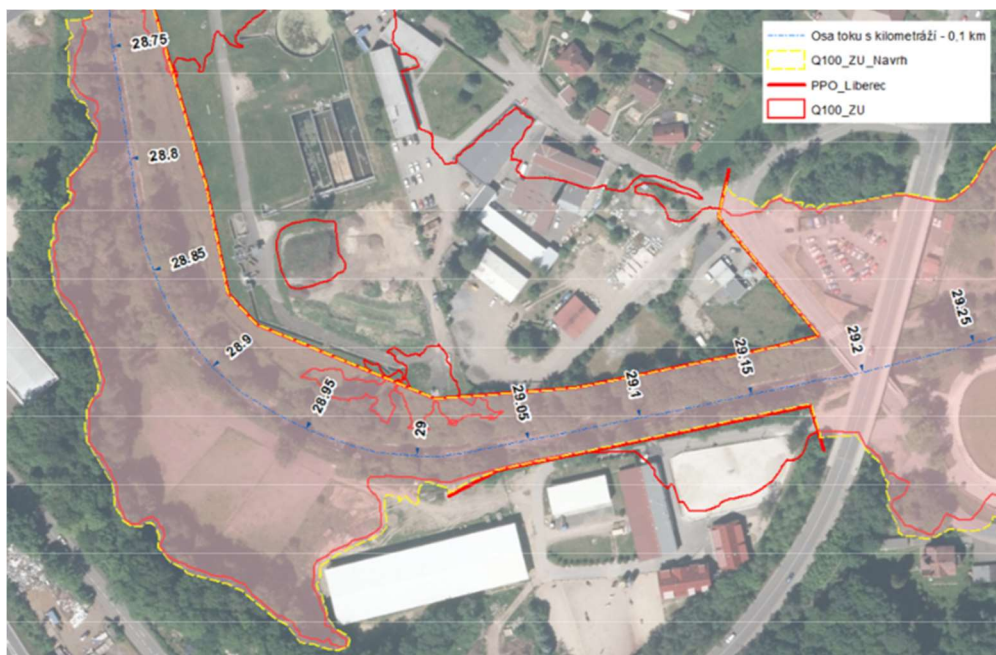


Obr. 32 – Úsek 6 – Upravené záplavové území po návrhu protipovodňové zdi (Podzimek 2019)

Příloha 13
Etapa 03 – Úsek 07



Obr. 33 – Úsek 7 – Návrh opatření na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)



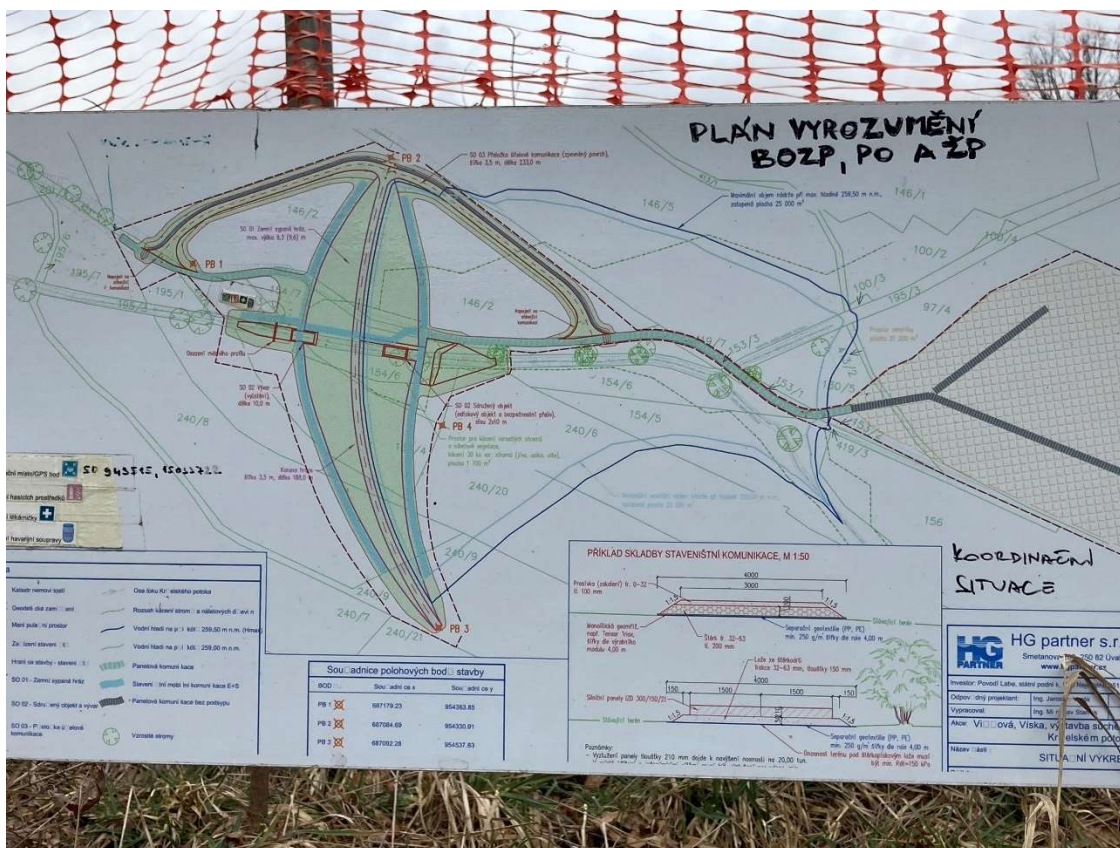
Obr. 34 – Úsek 7 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Příloha 14

Suchý polder na Krčelském potoce



Obr. 35 – Hráz na Krčelském potoce



Obr. 36 – Situace hráze na Krčelském potoce

Příloha 15

Místo řízeného rozlivu Višňová



Obr. 37 – Zvýšení polní cesty za účelem řízeného rozlivu v obci Višňová



Obr. 38 – Území řízeného rozlivu obec Višňová

Příloha 16 Ochranná hráz Víška



Obr. 39 – Ochranná hráz Víška



Obr. 40 – Ochranná hráz Víška na konci vesnice Víška

Příloha 17
Zvýšený drážní těleso v obci Višňová



Obr 41. – Zvýšený drážní těleso Višňová

Příloha 18
Opevněné koryto řeky Smědá ve městě Frýdlant



Obr. 42 – Opevněné koryto řeky Smědá ve městě Frýdlant

Příloha 19
Zámecký rybník a rozbořený úsek pod koupalištěm

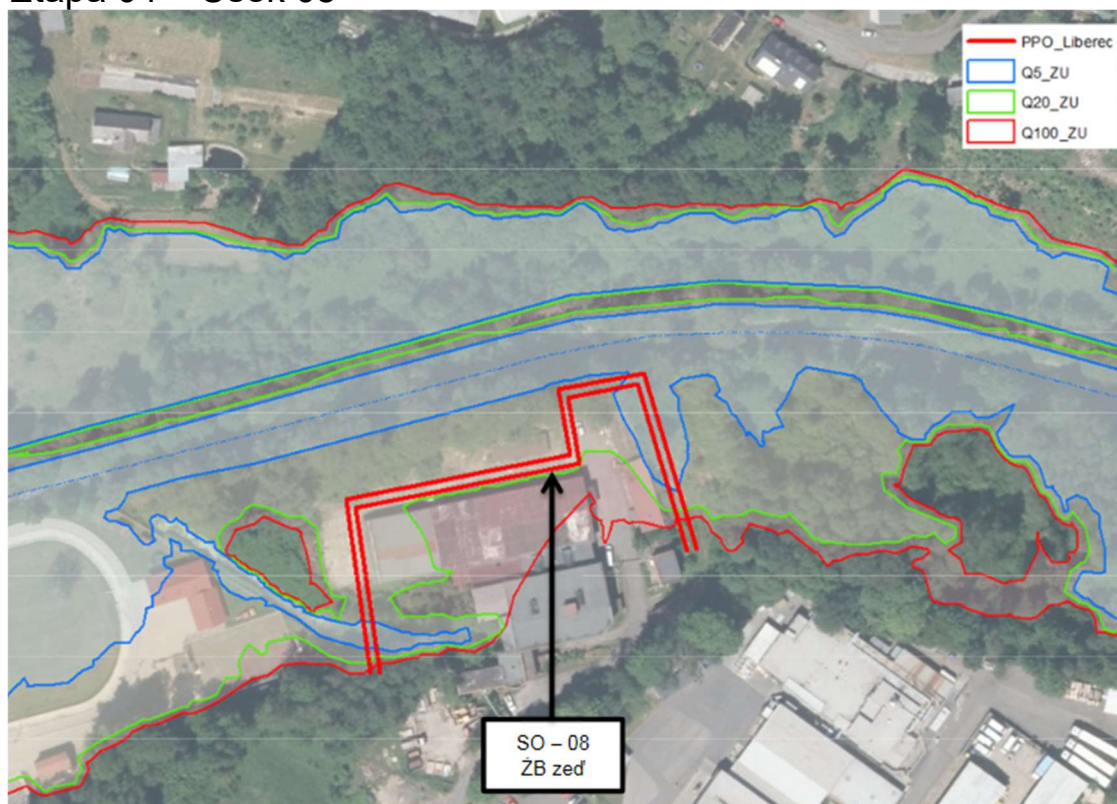


Obr. 43 – Zámecký rybník Frýdlant (VRV, 2015)



Obr. 44 – Rozbořený úsek pod koupalištěm Frýdlant (VRV, 2015)

Příloha 20
Etapa 04 – Úsek 08

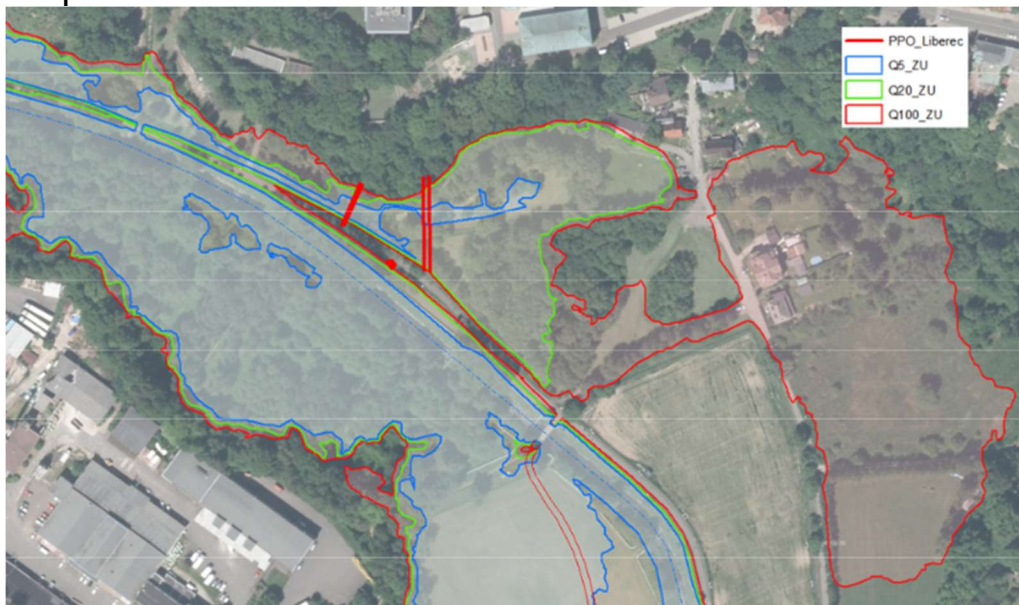


Obr. 45 – Úsek 08 – Návrh opatření na průtok Q₁₀₀ (Podzimek 2019)



Obr. 46 – Úsek 08 – Upravené záplavové území po návrhu protipovodňové zdi (Podzimek 2019)

Příloha 21 Etapa 04 – Úsek 09



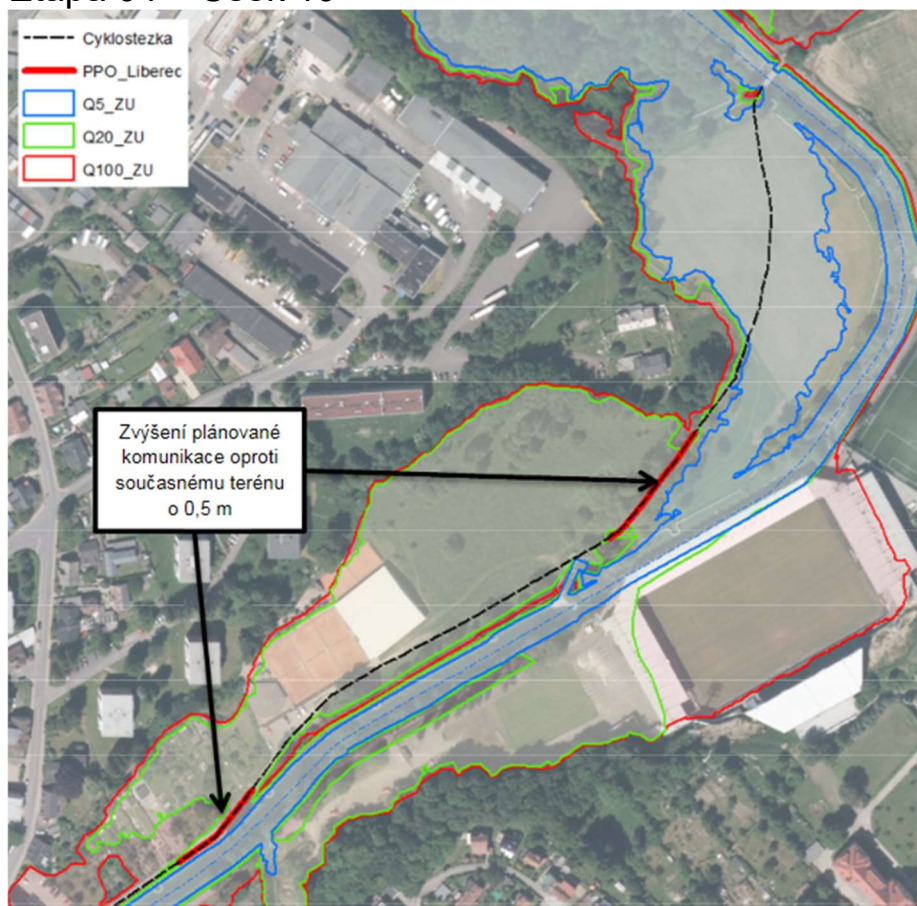
Obr. 47 – Úsek 09 – Návrh opatření na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)



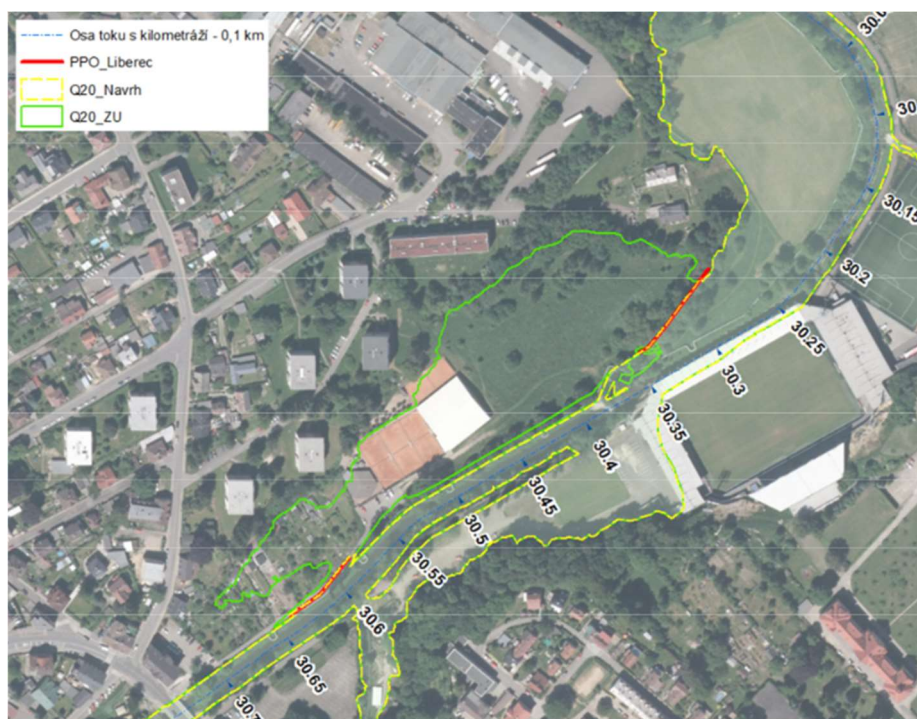
Obr. 48 – Úsek 09 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Příloha 22

Etapa 04 – Úsek 10

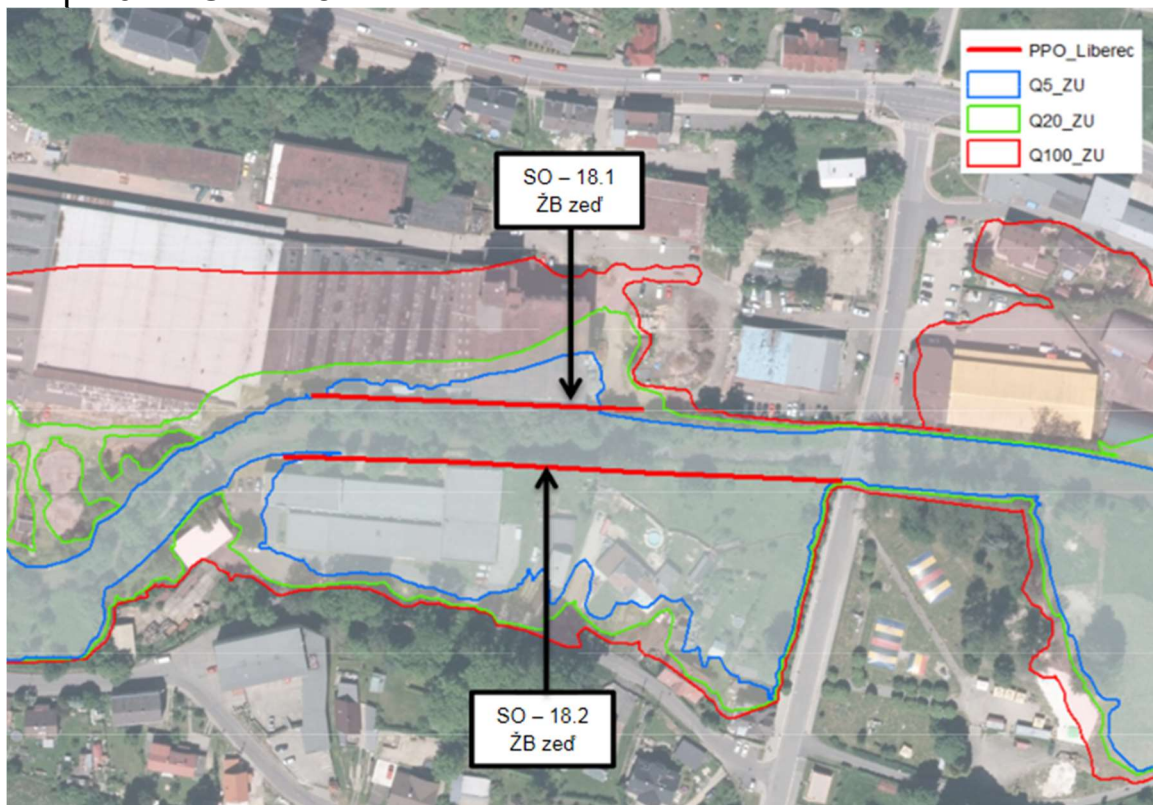


Obr. 49 – Úsek 10 – Návrh opatření na průtok Q_{20} (Podzimek 2019)

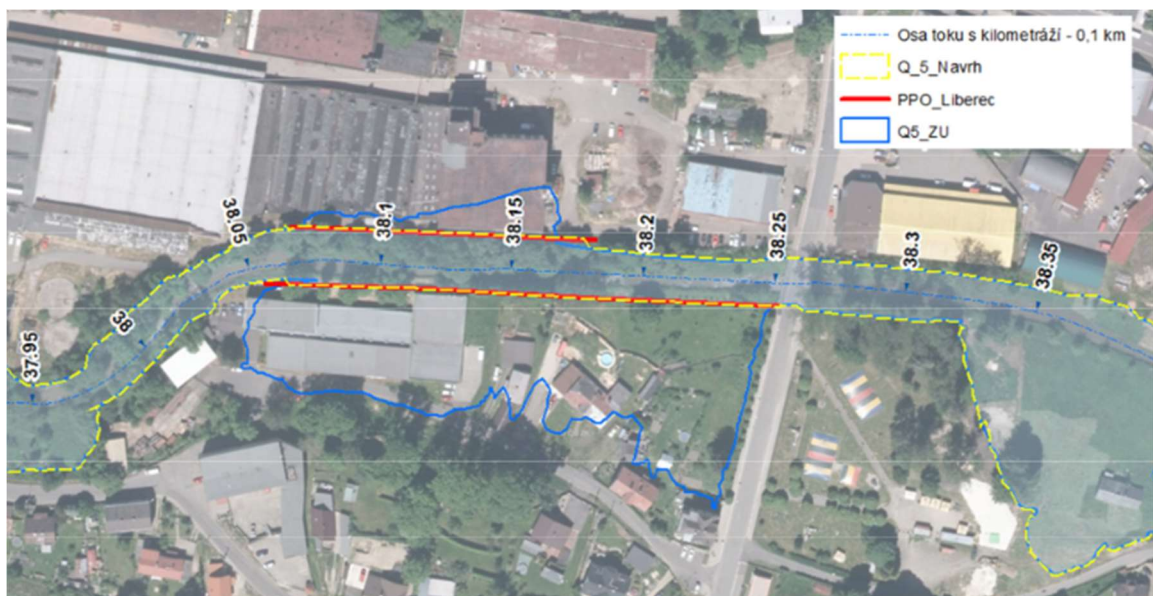


Obr. 50 – Úsek 10 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Příloha 23
Etapa 04 – Úsek 18

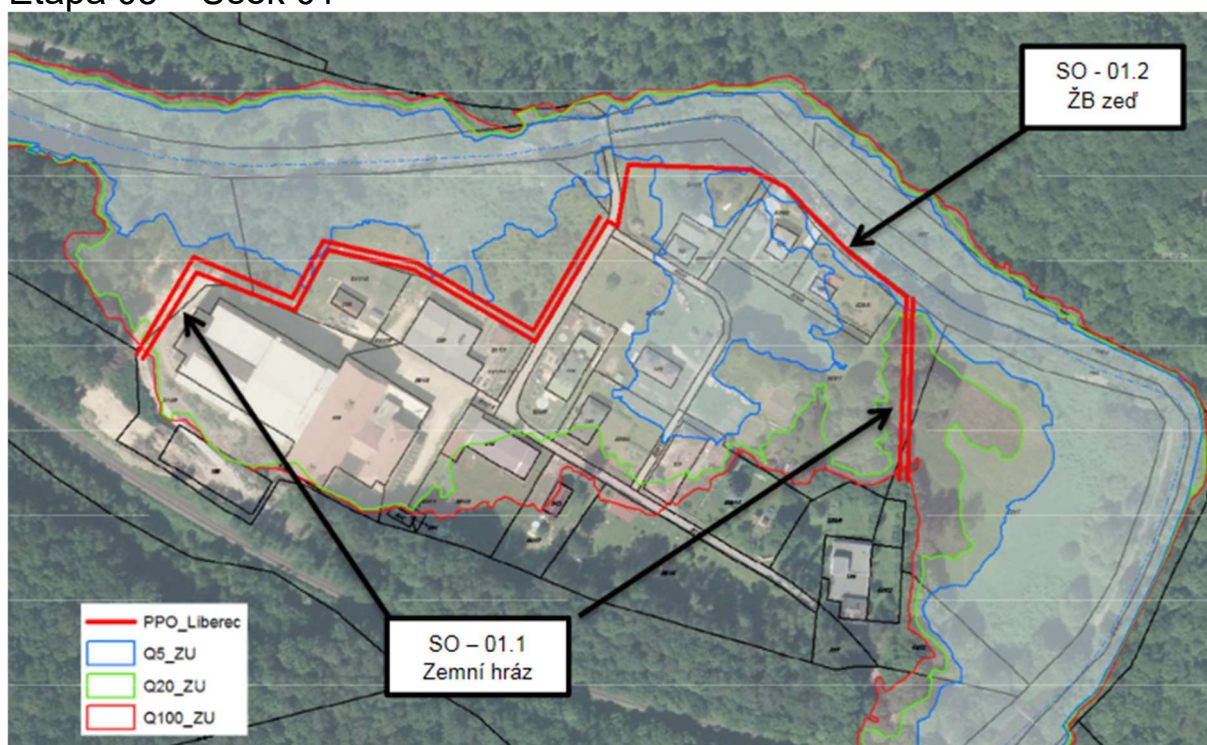


Obr. 51 – Úsek 18 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)

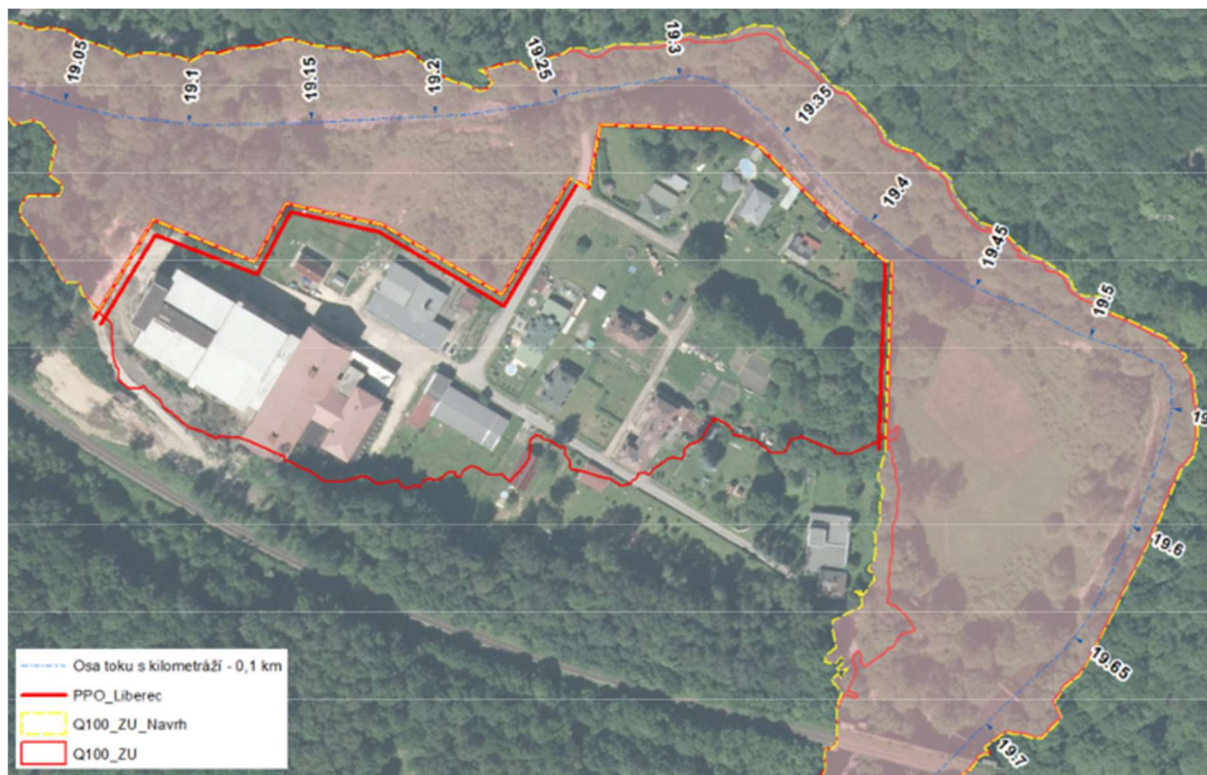


Obr. 52 – Úsek 18 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Příloha 24
Etapa 05 – Úsek 01

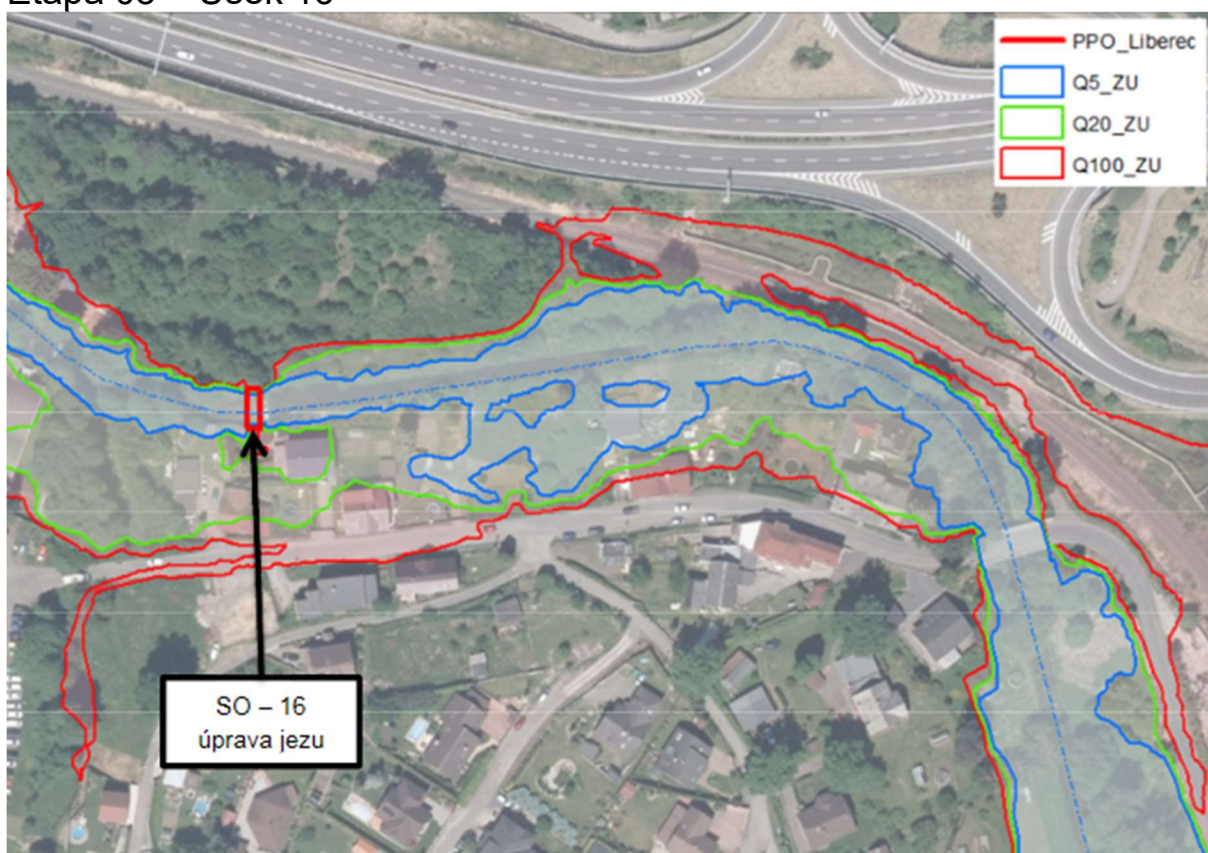


Obr. 53 – Úsek 01 – Návrh opatření na průtok Q_{100} (Podzimek 2019)



Obr. 54 – Úsek 01 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Příloha 25
Etapa 05 – Úsek 16

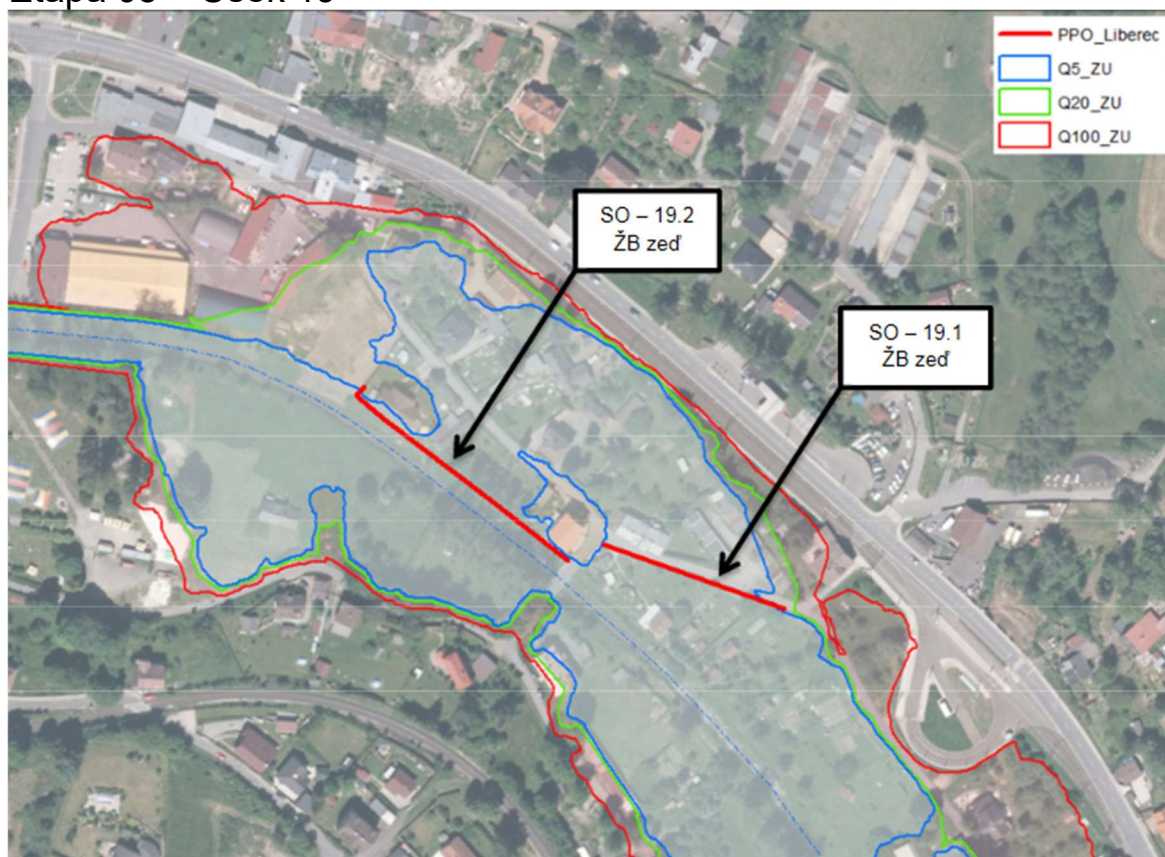


Obr. 54 – Úsek 16 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)



Obr. 56 – Úsek 16 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Příloha 26
Etapa 05 – Úsek 19

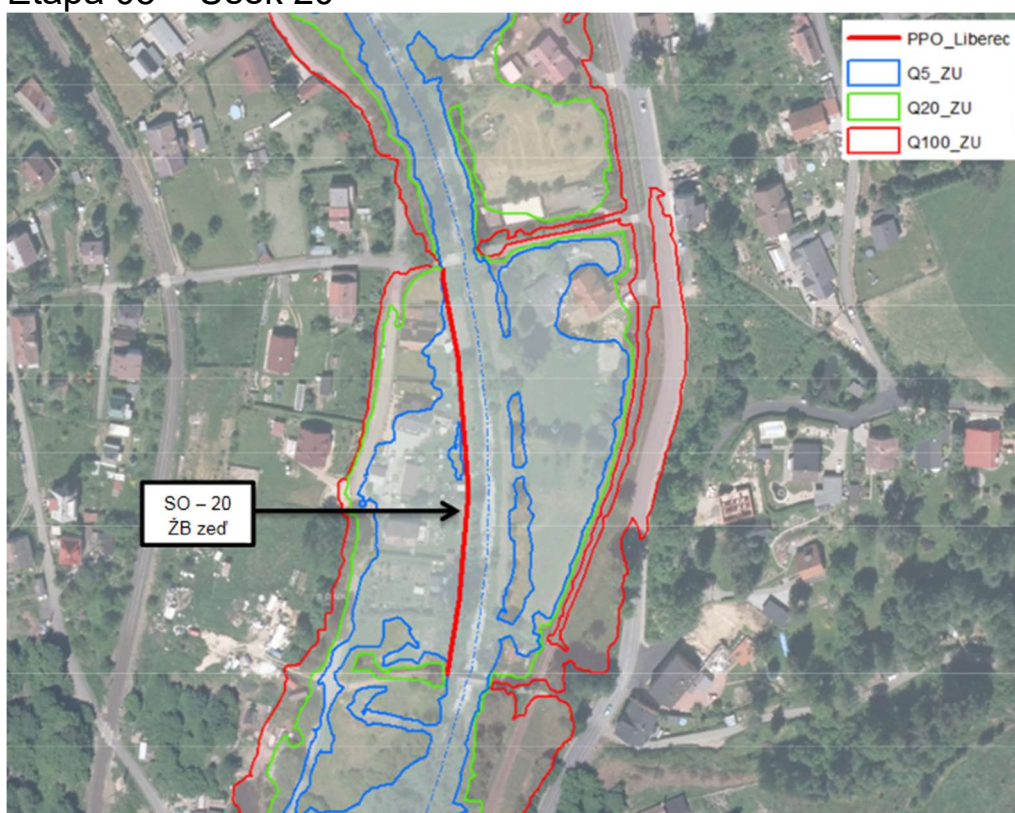


Obr. 57 – Úsek 19 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)

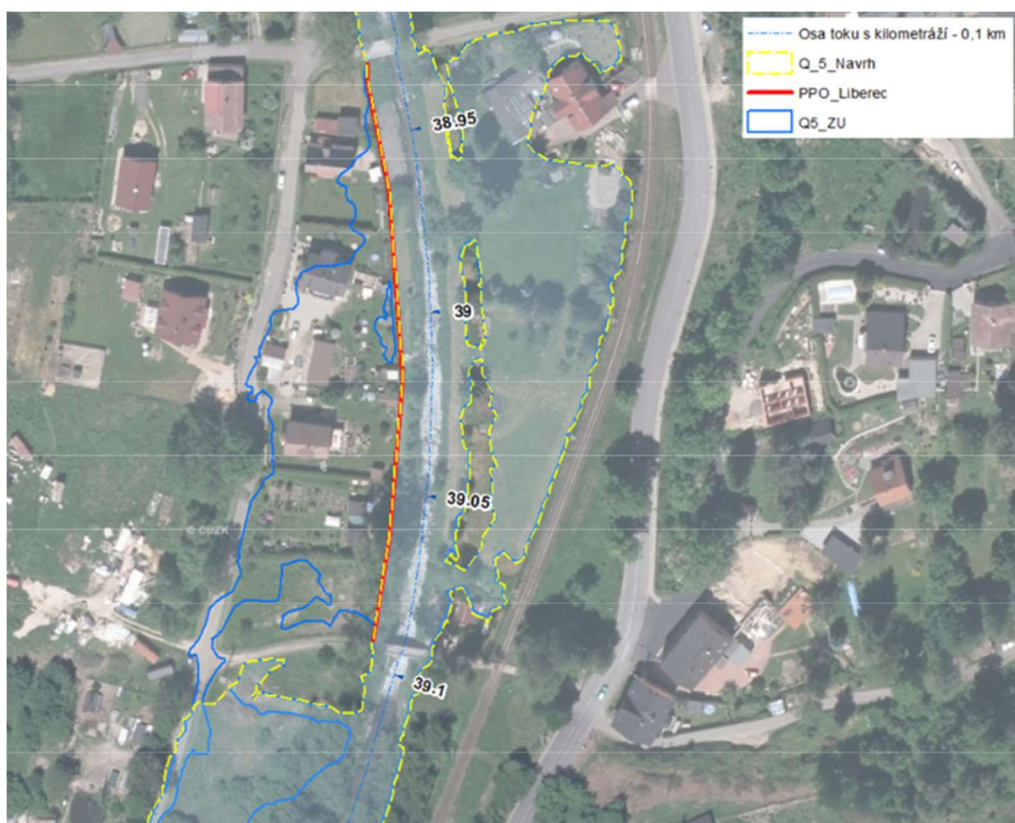


Obr. 58 – Úsek 19 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)

Příloha 27 Etapa 05 – Úsek 20



Obr. 59 – Úsek 20 – Návrh opatření na průtok Q_5 (Podzimek 2019)



Obr. 60 – Úsek 20 – Záplavové území před a po návrhu protipovodňových zdí (Podzimek 2019)