

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie
Katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Studie revitalizace toku

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jana Moravcová, Ph.D.

Autor: Bc. Jiří Kučera

České Budějovice, duben 2014

!!!Zadávací list!!!

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Poděkování

V první řadě děkuji své vedoucí diplomové práce Ing. Janě Moravcové PhD. za věcné připomínky, cenné rady a poskytnutí přínosné literatury k vypracování a zdárnému dokončení této diplomové práce. Dále děkuji své přítelkyni a rodině za podporu a trpělivost.

Abstrakt

V této diplomové práci se zabývám posouzením stavu Lišovského potoka a jeho povodí a návrhem způsobu revitalizace celého koryta toku v potřebných místech. Pro lepší řešitelnost byl tok rozdělen do několika úseků, které jsou řešeny jednotlivě i jako celek. Základní údaje pro tuto práci byly získány především z terénního průzkumu řešené oblasti. Podle zjištění a dalších mapových podkladů, které jsou volně dostupné na internetu, bylo provedeno zhodnocení a následně návrh na revitalizační práce společně s jednotlivými revitalizačními objekty a také možnost financování celé revitalizační akce. V povodí bylo stanoveno několik svahů, pro které byly vypočítány odnosy půdy vlivem vodní eroze, jelikož je v práci kladen velký důraz i na říční sedimenty, které také utváří koryto toku. Současně byl také proveden průzkum v rámci protipovodňové ochrany a návrh na vybudování potřebných protipovodňových opatření.

Klíčová slova: revitalizace, Lišov, Lišovský potok, protipovodňová ochrana, eroze

Summary

This diploma thesis examines the state of the Lisov stream and its basin. It also suggests the way of revitalization of the whole riverbed in given places. For better solution of this problem, the stream was divided into several sections, which are analysed both separately and as a whole. The basic information for the purposes of this diploma thesis were gained primarily from the survey of the given area. The evaluation was realized according to the findings and other maps which are freely available on the Internet. Thereafter there is a suggestion of the revitalization works which was made together with individual revitalization objects. This suggestion includes also the possible way of financing all these revitalization actions. There were several slopes set in the basin and the soil removals caused by water erosion were calculated for these slopes. The reason for including these data is that this diploma thesis puts emphasis also on the river sediments which are forming the riverbed of the stream too. At the same time there was another survey completed. It is related to the flood protection and the suggestion how to build up these necessary flood protections.

Keywords: revitalization, Lišov, Lišov stream, flood control protection, erosion

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1 Co je to revitalizace a její cíle?	10
2.2 Historie úprav toků.....	11
2.2.1 Historie revitalizací	12
2.2.1.1 První generace realizace revitalizačních akcí	13
2.2.1.2 Druhá generace realizace revitalizačních akcí	13
2.2.1.3 Třetí generace realizace revitalizačních akcí	14
2.3 Důvody pro revitalizaci.....	14
2.4 Hodnocení realizovaných revitalizačních akcí.....	15
2.5. Povodí	15
2.5.1 Členění úseků vodního toku podle pozice v povodí	15
2.6 Koryto toku	16
2.7 Břehové porosty	17
2.8 Trasa revitalizovaného toku	17
2.9 Hydrologie jako věda	18
2.9.1 Fyzikální vlastnosti vody	18
2.9.2 Chemické vlastnosti vody	19
2.9.2.1 Elektrolytická disociace vody	19
2.10 Kvalita povrchových vod v České republice a jejich vývoj.....	19
2.10.1 Jakost povrchových vod.....	20
2.10.2 Znečištění povrchových vod	21
2.10.3 Sedimenty v korytech řek.....	22
2.10.4 Samočistící schopnost vody	23
2.11 Vodní eroze (rozdělení a důsledky)	23
2.12 Přílišný zásah do toku člověkem.....	25
2.13 Druhy revitalizací.....	25
2.14 Povodně v ČR z roku 2002	26
2.14.1 Předpověď povodní	27
2.14.2 Protipovodňová ochrana.....	28
2.14.2.1 Systém řízení povodní = Highwater information system (HIS).....	28
2.14.3 Protipovodňová funkce revitalizace.....	29
2.14.4 Revitalizace toku a jeho okolí po povodních	29
2.15 Kompenzační revitalizační opatření.....	30
2.16 Metodika revitalizačních úprav potoků z roku 1994.....	30

2.16.1 Schéma rozhodovacího procesu pro revitalizaci toků.....	31
2.17 Funkční a vhodné objekty	31
2.17.1 Kamenné pásy a skluzy	31
2.17.2 Výhony a usměrňovače proudu.....	33
2.17.3 Boční úkryty.....	34
2.17.4 Prahy	34
17.5 Stupně.....	35
3. Cíle práce	36
4. Materiál	37
4.1 Informace o městě Lišov	37
4.2 Historie města.....	37
4.3 Základní charakteristika toku.....	38
4.4 Geologie a pedologie.....	40
5. Metody	41
5.1 Získání základních charakteristik a údajů o povodí.....	41
5.2 Podélný výškový profil toku	46
5.3 Rychlost proudění	47
5.4 Rozdělení toku na části	47
5.4.1 Popis jednotlivých částí koryta	48
5.4.2 Popis jednotlivých nádrží.....	49
5.5 Průzkum erozního ohrožení zemědělsky využívaných pozemků v povodí	51
5.6 Zhodnocení možného povodňového rizika	53
5.7 Návrh na celkovou revitalizaci povodí	54
5.8 Zhodnocení možností financování a realizovatelnosti revitalizační akce.....	54
6. Výsledky a diskuze	56
6.1 Základní údaje o povodí.....	56
6.2 Základní charakteristiky povodí.....	56
6.3 Podélný výškový profil toku	58
6.4 Zhodnocení jednotlivých částí s náčrtý koryta.....	58
6.4.1 Graf naměřených průtoků v jednotlivých částech toku.....	63
6.5 Zhodnocení jednotlivých nádrží.....	63
6.6 Průzkum erozního ohrožení zemědělsky využívaných pozemků v povodí	65
6.7 Zhodnocení možného povodňového rizika	67
6.8 Návrh na celkovou revitalizaci povodí	68
6.9 Zhodnocení možností financování a realizovatelnosti revitalizační akce.....	72
7. Závěr	73
Přehled použité literatury a zdrojů	74

Obrázky	80
Přílohy	81
Seznam příloh.....	81
Příloha č. 1 – Podélný profil toku	82
Příloha č. 2 – Fotodokumentace s popisem.....	83
Příloha č. 3 – Mapa povodí s vyznačenými místy pořízení fotografií	98
Příloha č. 4 – Mapy s vyznačenými svahy pro výpočet vodní eroze	99

1. Úvod

V České republice se nachází spousta člověkem upravených vodních toků. K těmto neuváženým úpravám docházelo v průběhu celé historie. To se týká všech toků a jejich povodí do 1. až po 4. řád. Takto upravené toky jsou esteticky nepřirozené, a proto dospěl člověk postupem času k poznání, že touto úpravou bylo poškozeno několik základních funkcí krajiny. Ve velmi velké míře byla těmito úpravami poškozena také retenční schopnost krajiny. K nápravě těchto chyb se rozvinula nová vědní disciplína nazvaná revitalizace vodních toků a krajiny. Po aplikaci poznatků, které nám tento vědní obor poskytuje, můžeme navrátit krajině a vodním tokům jejich přirozený vzhled a také přispět k obnově jejich funkčnosti. Při správném revitalizačním zásahu můžeme také pomoci fauně a flóře ke zvýšení biodiverzity i početnosti jednotlivých druhů.

Jelikož je člověk s přírodou spjat už od pradávna, musí jí navrátit to, co mu poskytla k přežití a odměnit se jí alespoň tím, že ji nebude už nadále devastovat, ale naopak se pokusí o její obnovu a to nejen v postižených oblastech. Vedle této nápravy je také nutné zajistit patřičnou kvalitu všech našich vod. Za tímto účelem se provádějí měření a rozborů kvality vod.

V této diplomové práci se zabývám revitalizací toku 4. řádu a jeho povodí. Pro tuto studii bylo vybráno povodí Lišovského potoka v blízkosti města Lišov. Celá práce zahrnuje i revitalizační práce na všech vodních nádržích, kterými Lišovský potok protéká. Dílčím úkolem této diplomové práce je také průzkum erozní ohroženosti zemědělských ploch v území.

2. Literární přehled

2.1 Co je to revitalizace a její cíle?

Základní revitalizační úlohou je náhrada nevyhovujícího technicky upraveného koryta korytem přírodním nebo přírodě blízkým (Just et al, 2005; Vrána et al., 2004). Za revitalizaci můžeme považovat jakékoliv zlepšení ekologického stavu vyvolaného lidskou činností, v tomto případě revitalizace vodních toků (Štěrbá et al, 2008). Tradičně se od revitalizací očekává obnovení či pozvednutí hodnot vodních toků a niv z přírodovědeckého a krajinářského hlediska. Abychom mohli revitalizaci provést, musíme mít alespoň přibližný obraz toho, jak koryto řeky a jeho okolí vypadalo před jeho technickou úpravou a nastavit v něm takové podmínky, které by dnes fungovaly, kdyby k žádné technické revitalizaci vůbec nedošlo (Just et al., 2005).

Podle Vrány et al. (2004) je cílem programu revitalizace říčních systémů napravování důsledků rozsáhlého rušení vodního režimu krajiny. Cílem revitalizací koryt by neměla být snaha o vytvoření jakéhosi „univerzálního biotopu“ pro nepřírodně široké spektrum živočichů, ale rekonstrukce toků tak, aby vznikaly biotopy nabízející vhodné podmínky pro druhy, které se v dané geografické oblasti, nadmořské výšce apod. přirozeně vyskytují (Just et al., 2005). To vše se ale musí provádět se zachováním dalších funkcí antropogenizované krajiny, jako je protipovodňové opatření, stabilizace trasy koryta apod. (Vrána et al., 2004).

Základem ekosystémů jsou jejich přírodní součásti, zatímco antropogenní objekty přírodním systémům odporují a v krajním případě ho mohou zcela zlikvidovat (Štěrbá et al., 2008).

Navrhování a provádění revitalizací musí vždy provázet cit a intuice. Vzorem pro revitalizační stavby mohou být úseky přírodních vodních toků, které se nalézají v dynamicky rovnovážném stavu, které se vyznačují jistými nepravidelně se opakujícími prvky. Pokud se budeme při revitalizaci koryta řeky řídit 100% nějakými revitalizačními zásadami, bude se od pravého přírodního koryta vedle mnoha jiných drobností lišit právě absencí jisté míry nepravidelnosti (Just et al., 2005). Revitalizace by neměla řešit jen jeden nebo některé problémy, ale měla by být

komplexním řešením vycházejícím z řady sledovaných charakteristik (Vrána et al., 2004).

Návrat prostředí vodních toků do jejich dřívějšího přirozeného původního stavu není již uskutečnitelný, ale je možno iniciovat revitalizačními opatřeními přírodní pochody, které tento neustále zhoršující se stav omezí a přispějí k obnově přírodního prostředí (Ehrlich et al., 1994).

V mnoha případech je projekt na revitalizaci komplikován vlastnickými vztahy (Novotná, 1996). V takových případech bude nutné zachovat stávající směr koryta upraveného toku. Budeme se zde muset dočasně smířit pouze s jednoduchými úpravami, jako je zařazení různých příčných a podélných prvků, s tím, že i příroda v procesu tzv. samovolné revitalizace toku částečně přispěje ke změně krajinného rázu a charakteru toku. Výsledné řešení by nemělo být monotónní, ale pestré, různorodé a v souladu s přírodními stanovištními podmínkami (Gergel et al., 1999).

2.2 Historie úprav toků

Nejstarší u nás zaznamatelné lidské zásahy do koryt potoků, řek a do jejich niv pocházejí ze středověku. Jednalo se hlavně o mlynářské, pilařské a hamernické úpravy. Například na řadě řek v Německu byly prováděny rozsáhlé úpravy k plavení dřeva, které jsou až do dnes odstraňovány v rámci vodohospodářských revitalizací. Po celé 19. a 20. století byly nejvýznamnější vodohospodářskou činností v krajině technické úpravy potoků, řek a jejich niv. Postupně se ale přišlo na to, že technické úpravy koryta řek krajině a přírodě neprospívají (Just et al., 2005).

V 60. – 70. létech vrcholil „zápas člověka s přírodou“ o ovládnutí velmi proměnlivé vodní komponenty. Bezpečné převedení přebytku velkých vod z území bylo v té době naším hlavním cílem (Gergel et al., 1999).

Především v posledních 50 letech bylo cílem úprav vodních toků především „ovládnutí a podmanění vodního živlu“. Tyto snahy se radikalizovaly s dostupností stále výkonnější mechanizace. Cílem úprav potočních koryt bylo dosažení co nejvyšší protipovodňové ochrany, rychlé odvedení vody z území a zajištění hloubky pro gravitační vyústění systémů plošného odvodnění (Vrána et al., 2004).

Jsou známy různé přístupy k vodě v krajině, a jak se tento postoj v průběhu let vyvíjel podle technických možností společnosti. Některé historické postupy

podporovaly zavádění vody do krajiny a využívaly vodní tělesa jako překážku. Uměle vybudované vodní plochy, kvůli produkci, měly i retenční funkci (Skácel, 1998).

K revitalizacím koryt se uchylujeme tím spíše, že máme za sebou již celé jedno století technických úprav, které dosti důsledně likvidovaly přírodní formy výskytu vod. Důsledně upravovány byly větší toky, takže relativně přírodní úseky řek uchováváme jako vzácné ukázky (Just et al., 2005). Právě díky technickému pokroku se jednotlivá vodní díla a úpravy toků čím dál tím méně podobají přirozenému přírodnímu stavu koryta i okolí (Skácel, 1998).

2.2.1 Historie revitalizací

Technicistní pojetí již v minulosti celou problematiku péče o vodu v krajině rozdělilo na několik oblastí, z nichž některé byly důležité a jiné ne. Proto byly vymezeny „vodohospodářsky významné toky“, což indikovalo jejich opak „vodohospodářsky nevýznamné toky“, a jako s takovými se s nimi také zacházelo. Všude tam, kde se podařilo zachovat jejich přirozený charakter a zachovat přirozené ozelenění jejich okolí, jsou vždy zdrojem obnovujícího se života, působí v krajině esteticky a mají významný vliv na celkový stav biodiverzity v krajině. V roce 1992 byl v České republice zahájen Program revitalizace říčních systémů na základě usnesení vlády ČR č. 373/1992 Sb. (Vrána et al., 2004). Tento program má stanovený cíl v péči o docílení přirozeného vodního režimu krajiny, a proto musí být programem trvalým a doplňujícím zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (Ehrlich et al., 1994). Program revitalizace říčních systémů je finančně podporovaný ze státního rozpočtu a metodicky řízený Ministerstvem životního prostředí ČR (Vrána et al., 2004).

Tento program je zaměřen na:

1. podporu a zvýšení retenční schopnosti krajiny pro zvětšení objemu vodní komponenty v daném segmentu krajiny pomocí infiltrace a schopnosti retence půdního profilu, zadržováním vody v mokřadech, rybnících a malých vodních nádržích
2. systémovou nápravu negativních dopadů realizovaných opatření při neuvážené intenzifikaci rostlinné výroby (souhrnné pozemkové úpravy, způsoby obhospodařování zemědělské půdy s úpravami jejich vodního

- režimu), jejímiž projevy je zvýšená eroze zemědělských půd, zhutnění půd, rozpad půdní struktury a další doprovodné jevy zhoršující přírodní prostředí
3. obnovu přirozené funkce vodních toků v celém komplexu, t. j. koryt, doprovodných břehových porostů a údolních niv

(Ehrlich et al., 1944)

Jednotlivé časové etapy prováděných revitalizací je možno charakterizovat následujícím způsobem:

1. generace - původní trasa, původní profil koryta, původní opevnění - vkládání spadových objektů, tůní a prohlubní
2. generace - nová trasa, nové mělčí koryto, odstranění opevnění
3. generace - komplexní řešení v rámci pásu dolní nivy, napojení revitalizace toku na okolí

(Vrána et al., 2004)

2.2.1.1 První generace realizace revitalizačních akcí

První generace navrhování a realizace revitalizačních akcí spočívala v úplném zachování původního koryta, a to z hlediska trasy, průtočného profilu, opevnění a zpravidla i příbřežní vegetace. „Revitalizačního efektu“ bylo dosahováno vkládáním kamenných a dřevěných prahů, jízků, přehrážek a tůní do původního profilu koryta. Idea revitalizace spočívala ve snížení průtočné rychlosti. Dále byly používány jízky ze dřeva i kameniva, zděné prahy, překážky a prohlubně fixované v korytě dřevem a kameny (Vrána et al., 2004).

2.2.1.2 Druhá generace realizace revitalizačních akcí

Druhá generace realizace revitalizačních akcí již znamenala kvalitativní posun v řešení problému. Řešení spočívalo v návrhu nové trasy toku, zpravidla obloukovité až meandrující, čímž došlo k prodloužení délky toku, a tím ke snížení podélného sklonu dna a zmenšení průtočných rychlostí. Nové koryto bylo navrhováno výrazně mělčí a tím i výrazně méně kapacitní. Staré koryto bylo v této etapě zahrnuto výkopovým materiálem nové trasy (Vrána et al., 2004).

2.2.1.3 Třetí generace realizace revitalizačních akcí

Třetí etapa tvoří v současné době nejvyšší stupeň poznání v oblasti revitalizace vodních toků. Jedná se o komplexní pojetí revitalizační akce, kde je do řešení kromě vlastního toku zahrnuto i širší okolí (zejména údolní niva), případně celé povodí toku. Revitalizace spočívá zejména ve volbě nové trasy koryta, v zásadní změně hloubky dna (menší zahloubení) a ve výrazně menším průtočném profilu. Vzhledem k tomu, že pás, vyčleněný pro revitalizaci je zpravidla dostatečně široký, je možno na této ploše zajistit výsadbu doprovodné vegetace. Takový typ revitalizace však vyžaduje pečlivý výběr vhodného toku pro revitalizaci a podrobnou znalost celého řešeného povodí (Vrána et al., 2004).

2.3 Důvody pro revitalizaci

Gergel et al. (1999) uvádí, že na území České republiky existuje síť drobných vodních toků o celkové délce 60 711 km. Z toho je zhruba 13 000 km drobných vodních toků a potoků upraveno.

Pokud chceme zlepšit vodní režim krajiny a půdy kvůli zlepšení stanovištních podmínek pro pěstované plodiny, dosáhneme toho pomocí vodohospodářských meliorací. To spočívá v odvodnění nebo závlaze, popřípadě kombinací obou těchto zásahů na pozemku. Můžeme tak ovšem přispět k likvidaci malých vodních ploch, což může mít velký dopad na biodiverzitu a stanovištní podmínky v oblasti (Tlapák et al., 1992).

V minulosti byly vodní toky upravovány tak, aby byla odstraněna rizika záplav a současně, aby nebyl touto úpravou vyvolán nízký vodní stav, což by vedlo k nežádoucímu poklesu hladiny podzemní vody. Tyto úpravy byly prováděny vybetonováním a napřímením koryta, což je pro přírodní vodní tok z estetického hlediska nepřírozené. Tyto úpravy vedly také ke zrychlení odtoku (Jůva, 1957; Skácel, 1998).

Dalším z důvodů pro revitalizaci toků je zvětšování výměr orné půdy a změna její struktury, scelování pozemků, postupné mizení rozptýlené zeleně, čímž se snižuje retenční schopnost krajiny. U toků bez břehových porostů se zvyšují průměrné teploty vody. Všechny tyto problémy se po proudu toků stupňují (Skácel, 1998).

Jelikož původní meandrovité toky v krajině téměř vymizely, jejich trasy se vyrovnaly, nivy kolem nich, které se odpradávná sklízely a sloužily jako nejjistější zdroj píce v suchých létech, byly postupně odvodňovány nebo naopak v současnosti zarůstají jako neskliditelné plochy, to je podle Gergela et al. (1999) dalším důkazem alarmujícího stavu našich vodních toků.

2.4 Hodnocení realizovaných revitalizačních akcí

Jak uvádí Vrána et al. (2004), Ministerstvo životního prostředí ČR ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny projeví zájem vytvořit objektivní metodu pro hodnocení revitalizačního efektu realizovaných akcí, případně i pro hodnocení akcí připravovaných. Pro hodnocení bylo zvažováno 9 kritérií – revitalizace toku, morfologie revitalizace, výsadba břehových a doprovodných porostů, obnova průtoků a migrační prostupnosti, ekologická stabilita krajiny, typ vodní plochy, sanace erozního zatížení, odstranění negativního vlivu odvodnění a ochrana nebo obnova biotopů a ekosystémů.

2.5. Povodí

Sklenička (2003) definuje povodí z hydrologického hlediska jako uzavřenou základní územní hydrologickou jednotkou. Hranice povodí tvoří rozvodnice. Rozvodnice je pomyslná čára, která se táhne po hřebenech kopců a hor kolmo na jednotlivé výškové vrstevnice a tvoří tak „dělicí čáru“ mezi dvěma sousedícími povodími. Každé povodí se vztahuje ke konkrétnímu toku. Plocha mezi jednotlivými nesousedícími povodími se nazývá mezipovodí.

2.5.1 Členění úseků vodního toku podle pozice v povodí

Pramenná oblast - plošný odtok se soustřeďuje do pramenných stružek.

Horní tok - velké podélné sklony, málo vyvinuté nivy, hrubozrnnější materiály, trasa přímá, mírně zvlněná nebo „cukaná“, případně divočící koryto, podélný sklon vyrovnává výrazné střídání proudných míst (peřejí a tišin).

Střední tok - menší podélné sklony, vyvinuté nivy, sklon k meandraci nebo (zpravidla v hrubozrnnějších stěrkových a kamenitých materiálech) k větvení.

Dolní tok - široké, ploché nivy vyplněné jemnými usazeninami, sklon k meandraci o velkých poloměrech oblouků, příčné pohyby trasy koryta omezují spíše terasové stupně než pevné boky údolí.

Oblast ústí – větvení, projevy mořského zpětného vzduť a přílivového kolísání hladin.

(Just et al., 2005)

Podle Uhlířové et al. (2005) se z hydrogeomorfologického hlediska reliéf rozčleňuje na zóny infiltrační, transportní a akumulační. Zóna infiltrační se většinou nachází na rozvodných plošinách a horních částech svahů a všude na vrcholových partiích krajiny, většinou do 3° svažitosti.

Transportní zóna je území na svazích, mezi infiltrační a akumulační zónou a převažuje na ní povrchový odtok srážek. Tato zóna má přechodová pásma v podobě dolních svahů, pat nivy nebo naopak horních částí svahových partií, které přechází do typických infiltračních zón.

Zóna akumulační se jednoduše nachází v údolní poloze nebo v poloze široké deprese, v nejnižší partii krajiny.

2.6 Koryto toku

Základní „hru (boj) o koryto“ mezi sebou hrají energie proudící vody a odolnost materiálu, v němž koryto vzniká. Účinky proudění na koryto sílí se zvyšující se rychlostí průtoku a tím, jak se koryto zaplňuje. Při revitalizačních pracích je vybudování příliš velkého koryta zásadní chybou. Pokud se při revitalizaci vybuduje příliš malé koryto, vodě většinou nebude dělat problém zvětšit ho. Čím menší, členitější a drsnější je koryto vodního toku v nivě, tím méně bude soustřeďovat povodňová proudění a tím menší je pravděpodobnost, že bude většími povodňovými průtoky destruováno (Just et al., 2005). Jak uvádí Vrána et al. (2004), je logické, že při průtoku povodňové vlny menším korytem bude docházet k častějšímu vybřežení, ale právě díky tomu nebude mít velká voda takový destruktivní vliv na stěny a dno koryta.

Koryto toku ovlivňuje kvalitu vody, která jím protéká, a proto musíme koryto udržovat v dobrém stavu a neničit jej (Fokkens, 2007).

Napřímení koryta nevede jen ke zkrácení trasy, ale také ke snížení biodiverzity v okolí vlivem snížení potravní nabídky pro živočichy a to vede i ke snížení samočisticí schopnosti toku společně se zvyšujícím se rizikem vodní eroze, což jsou velmi nežádoucí jevy (Skácel, 1998).

2.7 Břehové porosty

Břehové a doprovodné porosty jsou tvořeny stromovým, keřovým i bylinným patrem. Významným faktorem, který ovlivňuje začlenění revitalizovaného toku do okolní krajiny je prostorové řešení břehových i doprovodných porostů a to jak v horizontálním, tak i ve vertikálním členění (Sklenička, 2003).

Pomocí břehových porostů můžeme funkčně a esteticky začlenit vodní toky do krajiny. Za břehová společenstva jsou označována taková společenstva, která rostou na březích toku a v jejich okolí. Pokud jsou tato společenstva dobře uspořádána, mohou plnit různé, toku prospěšné funkce. Podle funkcí lze rozdělit tyto porosty do dvou kategorií:

1. Ochranné břehové porosty - jsou stanovištně vázané na koryto a břehy a mají především opevňovací a stabilizační účel - chrání koryto proti břehové erozi vlivem proudění vody.
2. Doprovodné břehové porosty - porosty vyskytující se podél vodních toků, které nejsou nijak vázány na koryto ani břehy a jejichž funkce je především krajínovorná.

(Jůva et al., 1984)

2.8 Trasa revitalizovaného toku

Návrh nové trasy revitalizovaného toku je ovlivňován mnoha faktory. Rozhodujícími jsou především georeliéf (mikrorelief), hydrologické parametry povodí, způsob využití území, krajinný ráz a vlastnické vztahy (Sklenička, 2003).

Trasa nemusí být vždy meandrující, musí se brát ohled na vhodnost podmínek v dané lokalitě k meandraci. V přírodě dochází k meandraci jen tehdy, když koryto toku prochází jen hlinitopísčítým nebo štěrkopískovým aluviem dostatečné mocnosti a plošné rozlohy. Délka trasy by měla odpovídat sklonu, který bude stabilní bez dodatečných objektů a těžkého opevnění (Vrána et al., 2004).

Geomorfologie se snaží empirickými výzkumy zjišťovat zákonitosti geometrie meandrů, které jsou přirozeně podstatné i pro obor revitalizací: Šířka meandrového pásu bývá 10 až 14 násobkem šířky koryta. Poloměr meandrových oblouků bývá zhruba 2 až 3 násobkem šířky koryta. Vzdálenost mezi obloukem a následujícím brodem bývá 5 až 7 násobkem šířky koryta (Just et al., 2005).

2.9 Hydrologie jako věda

Moderní hydrologie se zabývá distribucí vody na povrchu Země a jejím pohybem mezi jednotlivými vrstvami půdy a skrze atmosféru. Koloběh vody ovlivňuje především lidská činnost. Hydrologie se snaží objasnit, proč není voda všude na Zemi dostupná rovnoměrně, přestože zaujímá 70 % Zemského povrchu. Na Zemi se voda vyskytuje ve všech skupenstvích (pevné - led, kapalné a plynné - vodní páry) (Davie, 2008).

Vlivem klimatických změn a oteplování celé planety se předpokládá navýšení hladiny moří o 0,5 až 1 metr v příštích 100 letech, což by mohlo mít vliv i na lidská sídla. Je proto nutné stav hladin oceánů neustále sledovat a vyhodnocovat možná rizika (Fokkens, 2007).

2.9.1 Fyzikální vlastnosti vody

Podle Tlapáka (1992) jsou nejdůležitějšími fyzikálními vlastnostmi vody teplota, obsah nerozpustných látek, barva a pach. Požadavky na fyzikální vlastnosti vody jsou různé podle jejího využití. Pro závlahu je lepší vyšší teplota vody a naopak u pitné vody je to spíše na závalu. Obdobně je tomu i u ostatních fyzikálních vlastností.

Organoleptické vlastnosti vody neboli barva a průhlednost vody v korytě vypovídají o mnoho fyzikálních i chemických vlastnostech vody. Podle jednotlivého zabarvení můžeme usuzovat přítomnost některého z chemických prvků ve vyšší koncentraci. Podle barvy jednotlivých sedimentačních částic můžeme například usoudit, zda se částice ze dna koryta dostala do toku v místě nálezu, nebo někde ve vyšší části toku. Pokud by barva neodpovídala barvě okolní zeminy, je správným předpokladem, že se tyto částice dostaly do toku na jiném místě, než je místo nálezu (Symader et al., 2007).

2.9.2 Chemické vlastnosti vody

Molekula vody se skládá ze dvou molekul vodíku a jedné molekuly kyslíku, které jsou spojeny kovalentní vazbou. Atomy vodíku svírají úhel 105° . Molekula vody je bipolární, což znamená, že nese jak kladný, tak i záporný náboj. K přechodu z kapalně do plynné fáze je potřeba na 1 kilogram vodních par energie o 4200 joulech ke zvýšení teploty o 1°C . Pro srovnání půda potřebuje k ohřevu o 1°C 1100 joulů a alkohol 700 joulů. Při ochlazení je tato energie navrácena zpět do atmosféry (Davie, 2008).

Hlavními chemickými vlastnostmi vody jsou anionty, kationty, obsah kyslíku, obsah oxidu uhličitého a množství organických látek. Kationty obsažené ve vodě se do toku dostávají především elektrolytickou disociací vody. Poměr mezi volným a vázaným oxidem uhličitým určuje pH vody. Kationty sodíkové (Na^+) a draslíkové (K^+) se dostávají do vody vyluhováním z půd. Hlavním zdrojem vápníkových kationtů (Ca^{2+}) jsou vápence a sádrovce. Kationty hořčíku (Mg^{2+}) vznikají rozpouštěním magnezitu nebo dolomitů. Z aniontů jsou důležité anionty hydrogenuhličitanové. Anionty chloridové (Cl^-) mají původ v dobře rozpustných chloridech, síranové (SO_4^{2-}) v síranech obsažených v půdě a dusičnanové (NO_3^-) jsou výsledným produktem mineralizace organické hmoty (Tlapák et al., 1992).

2.9.2.1 Elektrolytická disociace vody

Elektrolytickou disociaci vody popisuje ve své publikaci Malý a Malá (1996). Kyseliny, zásady a soli ve vodném roztoku disociují (štěpí se) na částice nabitě kladně (kationty) a nabitě záporně (anionty). Kyseliny jsou látky uvolňující při disociaci kationty K^+ , zásady jsou látky uvolňující OH^- . Soli vznikají slučováním kyselin a zásad jejich neutralizací. Silné kyseliny a zásady jsou disociovány prakticky úplně, slabé kyseliny a zásady jen částečně, což znamená, že z celkového počtu jejich molekul v roztoku podléhá disociaci jen malá část.

2.10 Kvalita povrchových vod v České republice a jejich vývoj

V důsledku vypouštění znečišťujících látek do říčních systémů se v minulosti (před rokem 1989) zhoršila jakost povrchových vod na mnoha úsecích až na V. třídu

čistoty (tehdy ještě klasifikované jako třída IV.). V korytě s takto znečištěnou vodou nelze očekávat oživení toku s patřičnou biodiverzitou. Proto by měla být jakost povrchových vod při revitalizacích řešena přednostně (Skácel, 1998).

Díky postupnému snižování průmyslové výroby, se v polovině 90. let 20. století začalo snižovat množství znečišťujících látek vypouštěných do povrchových i podpovrchových vod. Díky výstavbě Čističek odpadních vod, jejichž počet vzrostl od roku 1990 o více než 200%, se u bodových zdrojů výrazně snížila BSK₅ (biologická spotřeba kyslíku za pět dní) o 94,7%, u CHSK_{cr} (chemické spotřeby kyslíku) o 88% a RAS (rozpuštěných anorganických solí) o 14,6% (Volaufová, 2009).

Pro posouzení kvality povrchových vod lze získat údaje u Zemědělské vodohospodářské správy a od příslušných podniků Povodí (Uhlířová et al., 2005).

2.10.1 Jakost povrchových vod

Jakost povrchových vod je podle normy ČSN 75 7221 klasifikována do pěti tříd:

- I. neznečištěná voda - ukazatele nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v toku
- II. mírně znečištěná voda - dosud umožněna existence bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému
- III. znečištěná voda - podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému nemusí být vytvořeny
- IV. silně znečištěná voda - podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému
- V. velmi silně znečištěná voda - podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému

(Volaufová, 2009)

Tab. č. 1 - mezní hodnoty pro posouzení jakosti vody

Ukazatel v mg/l	Třída I.	Třída II.	Třída III.	Třída IV.	Třída V.
	Neznečištěná	Mírně znečištěná	Znečištěná	Silně znečištěná	Velmi silně znečištěná
Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Do 13,3	Do 26,6	Do 44,3	Do 57,6	Nad 57,6
Dusičnanový dusík	Do 3	Do 6	Do 10	Do 13	Nad 13
Amoniak (NH ₄ ⁺)	Do 0,27	Do 0,9	Do 4,6	Do 5,2	Nad 5,2
Amoniakální dusík	Do 0,3	Do 0,7	Do 2	Do 4	Nad 4

Kvalitu povrchové i podzemní vody lze pozitivně ovlivnit protierozními opatřeními a opatřeními na zpomalení infiltrace nežádoucích látek půdním profilem (Uhlířová et al., 2005).

Čistotu a jakost povrchových i podzemních vod je možno chránit a zlepšovat různými způsoby, jejichž prospěšná účinnost se zejména projeví, pokud jsou použity ve vzájemném souboru a návaznosti. Především je potřeba zlepšovat přirozené samočištění vod, dále upravovat povrchový odtok, aby nebyl tok znečišťován povrchovými smyvy a výluhy, očišťovat odpadní vody vypouštěné ze sídlišť, z průmyslu a zemědělství, a konečně upravovat toky a chránit vodní nádrže (Jůva et al., 1977).

2.10.2 Znečištění povrchových vod

Vlivem antropogenní činnosti člověka v posledních desetiletích došlo k rozsáhlé kontaminaci vodních zdrojů vlivem intenzivního zemědělství těžkými kovy, organickými toxickými látkami a agrochemikáliemi. To vše přináší velká nebezpečí pro vodní ekosystémy kontaminovaných vodních toků. Většina těchto kontaminovaných lokalit se nachází v přístavech, v mrtvých ramenech řek, v protipovodňových retenčních nádržích a také v okolí zemědělsky obdělávaných ploch. Tato znečištění mohou být částečně odstraněna správnou revitalizací toku (Westrich, 2007).

Znečištění povrchových vod lze rozdělit na:

- autochtonní znečištění - vyvolané odumřelými organismy rostlinného a živočišného původu, znečištění splachy z území nenarušeného člověkem a srážkovou vodou znečištěnou přírodními činiteli
- alochtonní znečištění - způsobené tuhými, kapalnými a plynnými odpady produkovanými antropogenními činnostmi člověka

(Tlapák et al., 1992)

Veškeré znečištění ať už anorganickými látkami, či organickými živinami vede k vyšší koncentraci obsahu těchto nežádoucích látek ve vodě. Tento jev se nazývá eutrofizací vod. Abychom byli schopni odhadnout dopad a stupeň rozšíření těchto eutrofních látek, je nutné znát dobře mechaniku unášení sedimentů vlivem dnové eroze (Fengler et al., 2007).

Organické i anorganické toxické látky mohou být transportovány do údolní nivy a do spodních vod. Mohou mít také velký dopad na suchozemské i vodní organismy a zlikvidovat tak celá tato společenstva. Dále může být toto znečištění převedeno do potravy pro dobytek a užitková zvířata a dostat se tak až na jídelní stůl do domácností. Přítomnost pozůstatků reziduí těžkých kovů v nivě řeky Labe byly dokázány několika studii (Freise et al., 2007).

2.10.3 Sedimenty v korytech řek

Sedimenty hrají důležitou roli v návrhu nového koryta řeky nebo v ochraně vodních zdrojů. Jsou vzpomínány také při protipovodňové ochraně. Jejich zdrojem jsou především těžké kovy, organické toxiny a agrochemikálie (Westrich, 2007).

Jsou na dně koryta všech řek. Jsou základním prostředím pro život vodních organismů. Na rozdíl od sedimentů v jezerech a rybnících jsou velmi aktivně přemísťovány vlivem proudění. Pokud jsou tyto sedimenty tvořeny toxickými látkami, mohou se tedy velice snadno a rychle rozšířit dále po proudu. Nejdůležitější sedimenty jsou ty s nejmenší velikostí (jílovité a bahenní). Jejich malá velikost jim umožňuje největší a nejsnadnější pohyb po říčním dně i skrze celý vodní sloupec (van der Veen et al., 2007).

O toxicitě reziduí některých těžkých kovů je již publikováno několik výzkumných prací, například Larsen et al. (2007) popisuje ve své práci Transport

and Reactions of Contaminants in Sediments dopad reziduí mědi na některé citlivé organismy žijící v říčních korytech. Náklady na odstranění těchto toxických látek ze sedimentů by mohly lehce překročit 100 Eur za m³.

Van der Veen et al. (2007) dodává jako příklad únik těžkých kovů do řeky Tisy a některých jejích přítoků v Rumunsku a Maďarsku. Jednalo se o únik celkem 1000 tun těžkých kovů, čímž došlo ke kontaminaci přibližně 100 000 m³ vody a následnému úhynu 1 240 tun ryb žijících v těchto řekách.

Správným managementem koryt toků a prouděním vody v nich můžeme zamezit rozšíření kontaminovaných usazenin dále do celého říčního systému. Omezí se tím i dopad na ekologickou hodnotu toků (Westrich, 2007).

2.10.4 Samočistící schopnost vody

V řekách a vodních nádržích probíhají složité pochody, při nichž dochází k postupnému, různě rychlému zlepšování kvality vody bez přispění člověka. Tyto pochody nazýváme souhrnně samočistící schopností vody. Celý proces samočištění tvoří soubor fyzikálních, chemických a biologických procesů, jimiž se povrchová voda zbavuje znečištění. V procesu samočištění dochází k postupnému odbourání a mineralizaci organických látek soborem fyzikálních, chemických a biologických pochodů, jejichž podíl na výsledném čistícím účinku je různý (Tlapák et al., 1992).

2.11 Vodní eroze (rozdělení a důsledky)

Pod pojmem eroze je obecně zahrnuto vše, co působí odnos půdy, ale faktorů, které zapříčiňují tento jev, je celá řada a patří mezi ně i ty zdánlivě nesouvisející. Projevy vodní eroze v podobě rýžek, rýh, výmolů nebo akumulčních kuželů lze průzkumem podchytit nejlépe v jarních měsících, nejvýraznější jsou po tání sněhu a po přivalových deštích (Uhlířová et al., 2005).

Pro výpočet vodní eroze používáme univerzální rovnici podle Wischmeier-Smithe:

$$G = R * K * L * S * C * P \quad [t/ha/rok]$$

Kde,

G je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy [t/ha/rok],

- R** - faktor erozní účinnosti deště,
- K** - faktor náchylnosti půdy k erozi,
- L** - faktor délky svahu,
- S** - faktor sklonu svahu,
- C** - faktor ochranného vlivu vegetace,
- P** - faktor vlivu protierozních opatření.

Tab. č. 2 – přípustné ztráty půdy vodní erozí ($G_{přip}$) v závislosti na hloubce půdy

Hloubka půdy		$G_{přip}$ [t/ha/rok]
Půdy mělké	0 – 30 cm	1
Půdy středně hluboké	30 – 60 cm	4
Půdy hluboké	nad 60 cm	10

(Sklenička, 2003)

Podle Fenglera et al. (2007) je v korytě dnová eroze způsobována přírodními jevy, jako je proudění vodního sloupce korytem řeky. Při tomto pohybu dochází k rozrušování dna koryta toku a vytváření erozních rýh vlivem transportovaných sedimentů. Tento transport se týká i všech živin a znečišťujících látek obsažených ve vodě. Při revitalizaci dna toku můžeme ovlivnit život i biologickou aktivitu na dně koryta. Tyto organismy žijící na dně koryta se souhrnně nazývají bentos a dále se dělí na zoobentos (živočichové) a fytoobentos (rostliny). Aktivita těchto organismů se ale výrazně liší během celého roku vlivem ročních období.

Sedimenty hrají při povodni velkou roli v erozi půdy, jelikož velká voda má dostatek síly, aby transportovala i velké částice na dlouhé vzdálenosti a ty utvářely dlouhé a hluboké erozní rýhy (Westrich, 2007).

Proti břehové erozi je možno využívat rychle rostoucí dřeviny s mohutným kořenovým systémem, kterým dobře zpevní koryto toku a omezí tak jeho nadměrné vymílání vlivem vodního proudění (Jůva et al., 1984).

Nepřiměřené opevnění říčního koryta kamenivem omezuje další přirozený erozní vývoj koryta a omezuje rozvoj přirozeného splaveninového režimu. Hlavními

erozními místy a produkty eroze jsou strmé svahy nárazových břehů a při nich vyvinuté tůně (Just et al., 2005).

2.12 Přílišný zásah do toku člověkem

Podle Ehrlicha et al. (1994) se Česká republika, již stejně jako okolní státy, stala vlivem nadměrného využívání krajiny a rozšiřováním hospodářských aktivit kulturní krajinou, ve které do důsledku chápaný přirozený vodní tok již prakticky nenajdeme.

Poznání důsledků extrémně uplatňovaných lidských aktivit směřovaných k ovládnutí přírodních procesů však vedlo k zásadní změně přístupu. Poučení vedlo k přijetí skutečnosti, že přírodu nelze ovládat, ale lze s ní pouze smysluplně spolupracovat (Gergel et al., 1999).

Co se týče kvality vody má na ni vliv především lidská činnost jako je zemědělství, vodní doprava, průmysl a chemické znečišťování a proto je nutné věnovat pozornost kvalitě našich vod, a především kvalitě pitných zdrojů (Fokkens, 2007).

Jednotlivé změny land use mohou mít podle Kirsche (2007) velký vliv na hydrologické procesy v krajině. Hlavně odlesňování půdy kvůli záboru pro zemědělské účely. Dochází tak na některých místech k poklesu hladiny spodních vod. Opravdový dopad těchto změn na lidskou společnost pocítujeme právě při povodních, které jsou díky postupnému odlesňování častější a mají i větší erozní účinky na půdě bez vegetace.

2.13 Druhy revitalizací

Revitalizace můžeme třídit také podle různých kritérií, například podle toho, zda se jedná o úpravu samotného říčního toku, nebo suchozemských částí krajiny, zda jde o krajinu mimo intravilán, nebo naopak v obci a podobně (Štěrbá et al., 2008).

2.14 Povodně v ČR z roku 2002

Povodně jsou jednou z velkých pohrom, při kterých dochází ke ztrátě lidských životů, destrukci krajiny a zamezení přístupu do dalších míst na Zemi (Pilarczyk, 2007).

Co se týče následného dopadu povodní na ekosystémy vodních toků, je zde velký problém v tom, že povodňová vlna má dostatečnou energii na to, aby dovedla transportovat říční sedimenty na dlouhé vzdálenosti a tím rozšiřovat po směru toku různé toxické látky, které jsou vázány v těchto sedimentech (Westrich, 2007).

V srpnu 2002 se v České republice stala jedna z největších přírodních katastrof za posledních několik desetiletí. Střední Evropu postihla stoletá voda a místy dosahovala až vody tisícileté. Škody způsobené povodní se vyšplhaly na 2,44 bilionu euro, postihly 3,2 milionu obyvatel a 19 obyvatel při této povodni tragicky zahynulo. Před povodněmi protékalo koryty řek Labe a Vltava 80 - 120% jejich kapacity. S příchodem přívalových vytrvalých dešťů začalo koryty protékat 200 - 400% jejich kapacity. Například do přehrady Orlik přitékalo 3900 m³/s ale maximální možný odtok byl konstruován na 3100 m³/s. To znamenalo hromadění 800 m³ povodňové vody v přehradě za sekundu.

Tab. č. 3 - důsledky povodní v roce 2002 na společnost v ČR

Důsledky povodní	Povodeň roku 2002
Součet všech postižených ploch ve všech postižených obcích	17 000 km ²
Procentuální vyčíslení všech postižených ploch ve všech postižených obcích	43%
Počet postižených obcí	986
Počet postižených krajů	10
Počet postižených okresů	43
Počet úmrtí	19
Počet postižených obyvatel v postižených okresech	3 200 000
Procentuální vyčíslení všech postižených obyvatel z celkového množství obyvatel v postižených okresech	66%

Tab. č. 4 - ekonomické ztráty podle typu aktiv

Majetek	Stálá aktiva[€]	Oběžná aktiva[€]	Celkem[€]
Dle státu	268 828 800	19 106 400	287 935 200
Dle krajů	115 232 900	11 236 000	126 468 900
Dle okresů	255 518 000	27 661 600	283 179 600
Podnikatelů	200 391 700	249 988 000	450 379 700
Nepodnikající fyzické osoby	260 310 600	90 629 000	350 939 600
Nepodnikající právnické osoby	29 814 400	4 623 400	34 437 800
Opravy	6 333 300	1 292 600	7 625 900
Celkový odhad v Praze	897 146 500	-	897 146 500
Celkem	2 033 576 200	404 537 000	2 438 113 200

(Boucek, 2007)

Povodňové situace, jako byla ta v roce 2002, poukazují na nutnost změny současného způsobu hospodaření na způsob, který odpovídá zachování přirozených charakteristik krajiny a je k ní mnohem šetrnější (Skácel, 1998).

Labe a její přítoky jsou také podle Friese et al. (2007) jedním z nejvíce znečištěných toků v Evropě, jelikož v minulosti chyběly čističky odpadních vod po celé České republice. Některé odpadní látky a jejich rezidua nalezneme v Labi ještě dnes.

2.14.1 Předpověď povodní

Povodňová vlna představuje periodickou hrozbu pro lidská sídla i nezastavěné jinak využívané území. Může zničit jako obydlí, tak i úrodu (Skácel, 1998).

Předpovědi povodní se určují ze statistických a fyzikálních zákonů v daném čase. Aby bylo možné zachránit při povodních co nejvíce lidských životů a majetku, je potřeba povodeň předpovědět co nejdříve před jejím příchodem. Hlavním úkolem předpovědi je stanovit vývoj v následujících hodinách až dnech (Hubert et al., 2007).

Nadcházející povodně způsobují především změny klimatu (Fokkens, 2007).

Základní principy protipovodňových opatření se skládají ze dvou částí:

1. Návrh, vybudování a schválení protipovodňových systémů.
2. Návrh, konstrukce a údržba protipovodňových systémů.

Strategie protipovodňové ochrany zahrnuje plánování, land use, vývoj, management toků, stavbu hrází a bezpečnostní měření výšky hladin a rychlosti průtoku v korytě (Pilarczyk, 2007).

Pokud bychom se pohybovali jen v teoretické rovině předpovědi povodní a jejich dopadu na lidské životy a ztrátu majetku, je možné jim již správným plánováním land use předejít v případě budoucích možných podvodní. Při probíhající povodni je potom možné určit snížení míry rizika ohrožení, například uzavřením mostu, kvůli ochraně lidských životů (Hubert et al., 2007).

2.14.2 Protipovodňová ochrana

Systém protipovodňové ochrany se soustředí hlavně na zastavěná území, méně pak na neosídlená území tak, aby ochránil co nejvíce životů obyvatel, zvěře a ekonomické statky státu. Tato strategie je rozdělena podle ochrany před desetiletou vodou až po ochranu před desetitisíciletou vodou (Pilarczyk, 2007).

Podle Westricha (2007) se musíme snažit hlavně o omezení nebo lépe úplnému zabránění transportu říčních sedimentů, kvůli šíření toxických látek dále do toku a zaplavených území, což je z hlediska realizace velice náročné.

Díky modelování a využití GIS můžeme předpokládat předběžný průběh vývoje povodňové vlny i následnou míru devastace zasaženého území. Pokud dovedeme odhadnout, co je hlavní příčinou povodní v zasažené oblasti, můžeme se rozhodnout pro vhodná revitalizační opatření, která budou mít zároveň i protipovodňový účinek a v praxi je po té realizovat (Kirsch, 2007).

2.14.2.1 Systém řízení povodní = Highwater information system (HIS)

Například v Nizozemí se používá tzv. povodňová policie. Jedná se o monitoring stavu povodní pomocí počítačového softwaru. Pomáhá povodňovou policii připravit na další vývoj a také na předpověď vývoje povodní. Může se tak lépe koordinovat činnost hasičů a armády při jejich pomoci obyvatelstvu před velkou vodou. Informuje a upozorňuje na:

1. Situaci v zatopené oblasti a nejslabší úseky protipovodňové ochrany.
2. Zobrazuje potenciální následky povodní.
3. Pomáhá při vypracování evakuačního plánu s minimalizací rizik.

(Pilarczyk, 2007)

2.14.3 Protipovodňová funkce revitalizace

Revitalizace a revitalizační přístupy se uplatňují také v protipovodňových opatřeních. Hodnotu revitalizačních přístupů jsme si uvědomili při velkých povodních roku 1997 a 2002. Revitalizace toků nejsou jediným protipovodňovým řešením, ale mají sama o sobě významný efekt jako protipovodňová opatření (Just et al., 2005).

Správná struktura land use může z dlouhodobého hlediska ochránit sídla a životy obyvatel (Hubert et al., 2007).

Technicky upravené koryto má protipovodňový účinek jen v některých částech, ale koncentruje průběh povodňové vody a zrychluje její postup do nižších částí povodí (Just et al., 2005).

Díky počítačovému modelování a simulaci lze určit rozlivy toků při povodních a zjistit tak hranice záplavových území. Podle těchto modelů můžeme lépe vymezit bezpečnou polohu měst a vesnic, která budou před povodněmi chráněna díky správnému umístění v krajině (Hubert et al., 2007). Pokud jsou lidská obydlí v krajině správně koncipovaná, má to pozitivní dopad i na ekonomiku státu, která není v případě povoní tolik zatížena a lépe se s tímto výkyvem vyrovná (Fokkens, 2007).

Například v Nizozemí je protipovodňová ochrana důležitá, jelikož je většina území pod úrovní hladiny moře a několika řek a tak při větších průtocích může dojít k rozlivu povodňové vody do velké vzdálenosti a napáchat tak velké škody (Pilarczyk, 2007).

2.14.4 Revitalizace toku a jeho okolí po povodních

Po povodních je vhodné postupovat tak, aby se takzvaným odstraňováním škod nezpůsobily ještě další, a naopak aby se využilo to dobré, co i povodeň může znamenat. Povodňové změny by se měly hodnotit vzhledem k vlastnostem každého

konkrétního úseku toku. Je nutné rozlišovat, co je akceptovatelná změna a co je škoda, na kterou je nutno reagovat nějakým zásahem, a to by se mělo také podle toho, zda se jedná o vodní tok ve volné krajině nebo v blízkosti zástavby. Ve volné krajině je obecně vhodné preferovat přírodě blízký stav a vývoj potoků a řek. Lze v ní i více využít morfologického potenciálu povodňových změn. Pokud povodeň rozbije nevhodnou technickou úpravu koryta, může tak nahradit nákladnou revitalizaci (Just, 2009).

2.15 Kompenzační revitalizační opatření

Kompenzační revitalizační opatření podle Justa et al. (2005) například vyvažují zcela nezbytná technická protipovodňová opatření, která by měla být uplatňována jen v odůvodněných případech.

Komplexní protipovodňová ochrana se neobejde bez pasivních technických opatření. Tato opatření ovlivňují (i když jen v omezené míře) přírodní prostředí toků a niv a omezují přirozený rozsah prostorů, které jsou k dispozici pro rozlévání povodní. U nás se dosud tato kompenzační opatření nevyužívala. Jejich vodohospodářské efekty mohou být lokální, ale i s dopadem na širší okolí toku. Dále jsou kompenzační revitalizační opatření určena k vyvážení škod na přírodě a krajině. Mezi kompenzační opatření patří například hloubení systémů vodních biotopů, jako jsou paralelní a postranní ramena toku, nivní tůně apod., které mají současně určitý retenční objem (Čamrová et al., 2006).

2.16 Metodika revitalizačních úprav potoků z roku 1994

Metodika vytvořená Ehrlichem et al. (1994) má obsahově pomoci projektantům, ale i investorům a podat návrhy na možná revitalizační řešení.

Jsou v ní uvedeny příklady řešení od nejjednodušších, jako jsou vkládané kameny jako usměrňovače rozvlňující proudnici, ale účinných opatření technického rázu, až po konstrukce a objekty měnící příčný i podélný profil koryta toku. Dále jsou zde uvedeny neopomenutelné doplňky každého projektu, jako jeho hydrotechnické posouzení a další vybrané kapitoly doplňující projektovou a posuzovací část, které vyplynuly z dosavadních zkušeností autorů a realizátorů.

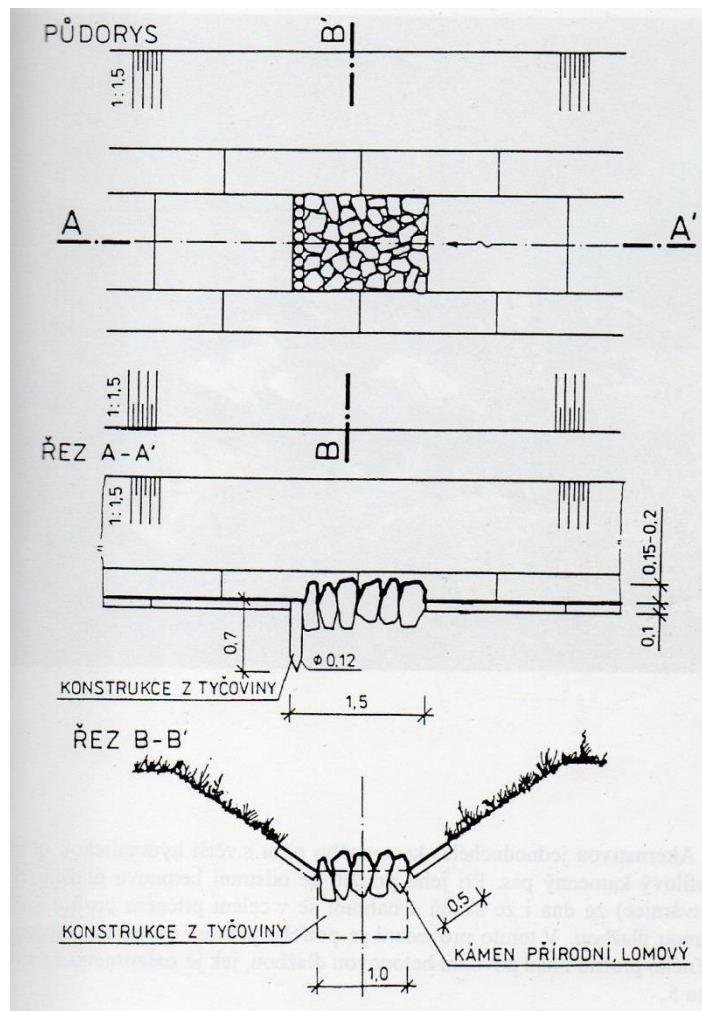
2.16.1 Schéma rozhodovacího procesu pro revitalizaci toků

Podle jednotlivých charakteristik toku se uplatňují různá revitalizační opatření. Na projektantovi je nutné posoudit mnoho aspektů, jako je poloha toku vůči obci a jednotlivým sídlům. Dále je nutné se řídit členitostí a sklonitostí okolního terénu a přítomnosti realizovaných technických opatření, která byla na toku provedena již v minulosti. Je nutné se domluvit s majiteli okolních pozemků, které by mohly být vlivem revitalizačních prací dočasně zaplaveny. Je dobré také hledět do budoucnosti a zjistit si, jak bude dané okolí toku využíváno a přizpůsobit těmto skutečnostem revitalizační práce. Při rozhodování by neměla být opomenuta ani okolní flóra a přítomnost ryb v toku. V takovémto případě se musí do revitalizačních akcí zahrnout i jednotlivé prvky, které umožňují migraci nazývané rybí přechody (Gergel et al., 1999).

2.17 Funkční a vhodné objekty

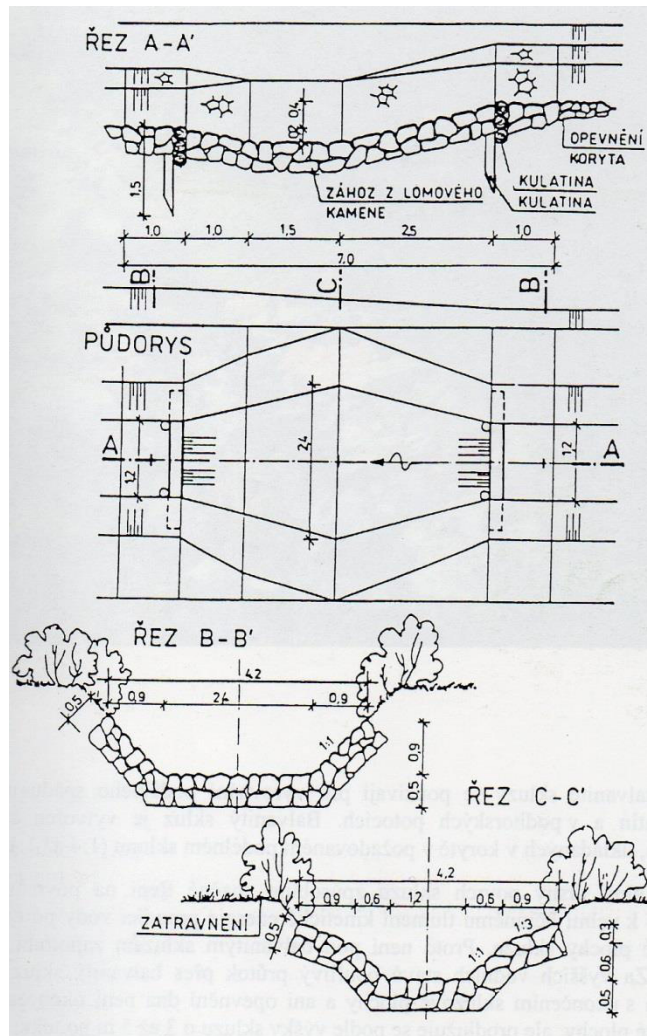
2.17.1 Kamenné pásy a skluzy

Kamenný pás je stabilizační stavba, která se umísťuje do dna toku a zabraňuje tak dnové erozi. Podporuje korytotvorný proces a stabilizuje úroveň dna (Krejčí et al., 2012). Používá se ke zvýšení drsnosti koryta a vytvoření peřejnatého úseku. Jeho hlavním revitalizačním účinkem je zvýšení obsahu kyslíku ve vodě, vzduší vody nad kamenným pásem, zvýšení podélné členitosti dna. Umístění do toku se provádí umístěním ochranné stěny z tyčoviny o průměru 0,12 m a délce 0,7 m. Prostor před tyčí se prohloubí o 0,2 m a vloží se do něj přírodní kámen o velikosti zrna 0,5 – 0,6 m. Doporučuje se použít například kamenivo ze snosů z polí (Ehrlich et al., 1994).



Obr. č. 1 – Schéma kamenného pásu (Ehrlich et al.,

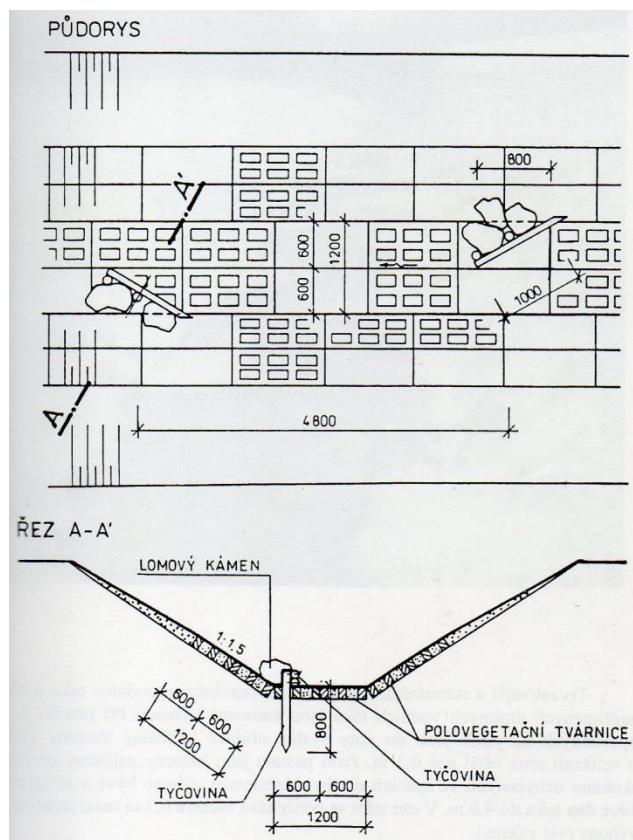
Kamenité skluzy se používají v potocích v nížinách a pahorkatinách se štěrkovým dnem. Skluzová plocha se provádí z lomového kamene o velikosti zrna 0,3 až 0,4 m. Lícové plochy jsou upraveny slícováním. Vtokový i výtokový profil skluzu jsou zajištěny stěnami z výřezů kulatiny o průměru 0,2 m, délce 2,5 m a výšce 0,6 m. Stěny jsou zajištěny dřevěnými pilotami o 0,15 m a délce 1,5 m. Délka skluzu je 7 m a jeho šířka 4,2 m. Jejich revitalizační účinek je ve vzduší vody nad jízkem a vytvoření tůň v podjezí (Ehrlich et al., 1994).



Obr. č. 2 – Schéma kamenitého skluzu (Ehrlich et al., 1999).

2.17.2 Výhony a usměrňovače proudu

Výhony a usměrňovače se používají k opevnění napřímených koryt, a to především k usměrnění proudu (k příčnému rozvlnění proudnice) a ke zvýšení výšky vodní hladiny nad hladkou dlažbou. Používají se nejvíce v provedení kolmém nebo inklinantním (skloněném po směru proudu). Zrnitost použitého kamene má vykazovat určitý stupeň bezpečnosti částice proti pootočení a uvolnění (Gergel et al., 1999).



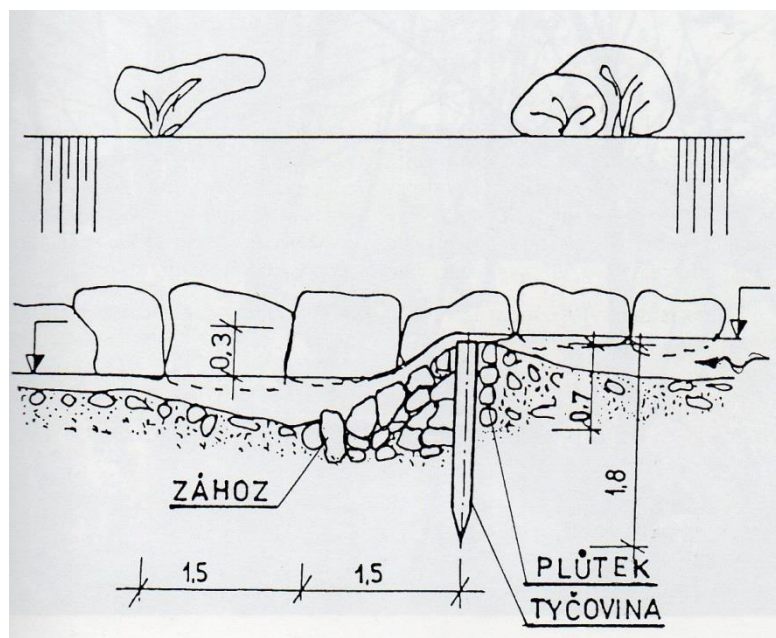
Obr. č. 3 – Schéma usměrňovacích výhonů z tyčoviny (Ehrlich et al., 1994)

2.17.3 Boční úkryty

V napřímených tratích vodních toků a potoků, kde není možno stranově rozvlíknit koryto toku, je vhodné vytvořit boční úkryty jako umělé nádrže. Stanou se tak místy tišin a refugií pro vodní organismy a přispějí k diversitě dna toku (Gergel et al., 1999).

2.17.4 Prahy

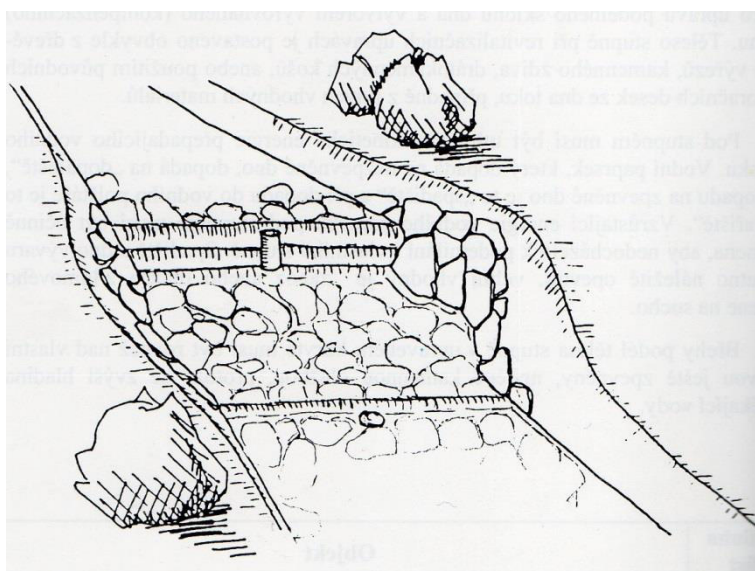
Prahy se používají v revitalizacích toků ke stabilizaci dna koryta, zlepšují kyslíkovou bilanci vodního toku a vytvářejí proudové stíny ke zlepšení biotopu vodních zoonóz. Jsou tvořeny kamennými pásy nebo dřevěnými prahy položenými na dno koryta v kolmém směru na proud vody. Vytváří peřejnatý úsek koryta a umožňují akumulaci splavenin nad prahem (Ehrlich et al., 1994).



Obr. č. 4 – Schéma stabilizačního prahu (Ehrlich et al., 1994)

17.5 Stupně

Stupně jsou příčné objekty o přepadové výšce vyšší než 0,3 m. Používají se pro úpravu podélného sklonu dna a vytvoření vyrovnaného sklonu. Těleso stupně je postaveno obvykle z dřevěných výřezů, kamenného zdiva, drátokamenných košů, případně z jiných vhodných materiálů. Za stupněm musí být ztlumena kinetická energie dopadající vody, aby nedocházelo k podemílání celého objektu. Břehy musí být v místě dopadu vody také zpevněny (Gergel et al., 1999).



Obr. č. 5 – Dřevěný stupeň (Ehrlich et al., 1994)

3. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zpracování revitalizační studie povodí čtvrtého řádu a provedení návrhu na celkovou revitalizaci povodí. Pro tuto práci bylo jako řešené povodí vybráno povodí Lišovského potoka.

Dílčími cíli této práce bylo posouzení erozní ohroženosti zemědělské půdy vodní erozí v tomto povodí, dále posouzení možného povodňového rizika pro město Lišov.

Výsledný návrh revitalizace měl být doplněn o návrh možného financování celé navržené revitalizační akce v rámci řešeného toku a jeho povodí.

4. Materiál

4.1 Informace o městě Lišov

Město Lišov, srdce mikroregionu Lišovsko se nachází 10,8 km vzdušnou čarou od města České Budějovice, měřeno z náměstí Českých Budějovic do středu Lišova. Celé město se rozléhá na významném geologickém útvaru, který se nazývá „Lišovský práh“ a dělí Českobudějovickou pánev od Třeboňské pánve. Obec Lišov má k 31.12.2012 3128 obyvatel + 1003 obyvatel z místních částí. Místní i přespolní děti naleznou v obci základní školu, školu vyššího stupně a mateřskou školu. Pro využití volného času je v obci k dispozici koupaliště, sportovní hřiště, stadion a další sportoviště. Dále bychom v obci našli knihovnu, kino, kostel a hřbitov. V obci Lišov mají lékařskou ordinaci dva praktičtí lékaři a jeden zubař. Kromě toho je zde umístěn i domov s pečovatelskou službou. Z další občanské vybavenosti je zde rovněž policejní stanice a poštovní úřad. Místní obyvatelé mohou využívat plynofikaci, kanalizaci i veřejný vodovod. V produktivním věku zde žije 2912 obyvatel a průměrný věk je 37 let (www.lisov.cz).

4.2 Historie města

Přesné datum založení města Lišov není znám. Jeho založení se odhaduje na období v druhé polovině 13. století. Do dnes se neví, jestli se tak stalo na zeleném drnu, nebo zda zde stála nějaká starší osada. Město bylo založeno příhodně na obchodní trase mezi Čechami a jihem Moravy, jelikož České Budějovice byly založeny roku 1256, lze usuzovat, že Lišov vznikl několik let po této události. Obchodní trasy využívali zdejší řemeslníci a obchodníci. Město se nacházelo v té době také na významné dopravní trase, neboť z něho vedla přímá cesta k hradu Hluboká. První písemná zmínka o Lišově je z roku 1334. Význam i sláva Lišova postupem času sílily. Na zdejších náměstí se pravidelně pořádaly trhy, na kterých místní obyvatelé nabízeli své zboží.

V průběhu staletí se Lišov stával významnějším obchodním a řemeslnickým střediskem. Již před 18. stoletím se zde nacházel i pivovar, dva mlýny, cihelna a hospodářský dvůr.

Na počátku 18. století mělo město již 600 obyvatel. V té době tu již působilo několik řemeslnických cechů. Nejvýznamnějšími cechy byly cechy řeznické, pekařské, krejčovské, obuvnické a kovářské.

S postupným nárůstem počtu obyvatel se rozrůstala i celá zástavba. Nejdříve byla zástavba vedena pouze kolem obchodní cesty, ale později se začala rozrůstat i na místa vzdálenější této trase. Začala výstavba nových obytných budov na okraji města a začaly se stavět i vícepatrové domy. Jednalo se ve většině případů o vytvoření přístavby na přízemní stavby. V roce 1831 měl Lišov již přes 300 obytných domů, ve kterých žilo více než 2 000 obyvatel.

Od roku 1850 byl Lišov střediskem soudního a později také samosprávného okresu a bylo zde působiště několika významných státních úřadů a institucí. V letech 1855 – 1868 zde sídlil i okresní soud. Aktivně zde působilo i mnoho spolků, sdružení a korporací, z nichž největšího uznání se dočkali hasiči a sokolové. Roku 1901 zde byla zřízena i základní škola.

Na počátku 21. století je Lišov významným jihočeským městem. Po stránce administrativní k němu patří kdysi samostatné obce (dnes místní části) Červený Újezdec, Hrutov, Hůrky, Kolný, Levín, Lhotice, Miletín, Slověnice, Velechvín a Vlkovice. V roce 2009 si Lišov připomněl již 675. výročí od první dochované písemné zmínky o svém městě.

www.lisov.cz

4.3 Základní charakteristika toku

Lišovský potok je dlouhý 5,8 km a jeho hloubka se pohybuje mezi 15 - 60 centimetry. Pramení z rybníka Čekal, který se nachází 400 metrů vzdušnou čarou od města Lišov u zahrádkářské kolonie. Je tedy závislý na vodě, která z rybníka odtéká a není nijak zásoben z jiného zdroje. Z rybníka Čekal protéká podél pozemní komunikace E 49, kterou na začátku obce podtéká a vytéká na její druhé straně. Dále se celý tok drží podél vedlejší ulice, která se na tuto hlavní silnici napojuje.

Na návsi protéká potok skrze uměle vybudovanou vodní nádrž pojmenovanou Horní rybník. Ještě před tím protéká okolo menší nádrže, která je od Horního rybníka oddělena jen několikametrovou hrází. Z horního rybníka vytéká přes česle opět pod pozemní komunikaci, které jsou vybaveny záchytným systémem, aby nedocházelo

k odplavování všech nečistot z nádrže a nemohlo tak dojít k zanesení a snížení průtočnosti betonovou skruží, která je vybudovaná pro odvod vody pod pozemní komunikací.

Voda opouští tunel z betonových skruží až na druhé straně města a protéká mělkým korytem skrze podmáčené zatravněné louky v malé proláclině. Cestou prochází jednou retenční nádrží, dříve pojmenovanou jako Čížkovský rybník, kterou opouští skrze primitivní požerák, který je tvořen svařenými kovovými pláty do čtverce. Pomocí tohoto požeráku se dostává voda skrze hráz a dále pokračuje ještě z části přírodním, ale jen travním porostem zpevněným korytem, které je z velké části zaneseno velkou vrstvou sedimentů.

Po té protéká potok skrze soukromý oplocený pozemek, kde je celé koryto vyloženo betonovými deskami, aby nedošlo k ohrožení blízko stojících staveb, které by mohly být při vyšším průtoku nezpevněným korytem podemlely, a jejich statika by mohla být narušena. Tyto soukromé pozemky opouští voda ještě stále takto upraveným korytem a dalším tunelem z betonových skruží podtéká pod další pozemní komunikací.

Za touto komunikací se nachází další zahrádkářská kolonie, která není tokem nijak ohrožena. To samé se ale nedá říci o Lišovském potoku. V tomto místě protéká v hlubším vybetonovaném ale nijak neudržovaném a hustě zarostlém korytě. V této části je tok ohrožen kontaminací z obou břehů. Z levé strany břehu z okolních zahrad a z pravé strany břehu splachy organických a anorganických hnojiv používaných na orné půdě, která se na této straně nachází.

Dále tok opouští tuto zahrádkářskou osadu a protéká podél malého smíšeného lesa na okraji města. Blíže u hranice města je koryto opět opevněno betonovými deskami. Necelých 150 metrů před zmiňovaným lesním porostem je již koryto neopevněno jinak než kořenovým systémem trvalých travních porostů a několika stromy rostoucími na obou březích koryta.

Za tímto lesním porostem již není tok nijak upraven. Protéká hustým cca. 50-ti metrovým pásem hustého rákosovitého porostu a je z obou stran těžko přístupný. Celé koryto je zarostlé, neudržované, a dlouhé stonky rákosu obecného (*Phragmites australis*) se pod svou vahou prohýbají tak, že zakrývají v některých místech celé koryto.

Za těmito houštinami již tok protéká podél Dolního rybníka u Lišova a z druhé strany je obklopen kosenými travnatými loukami. Dolní rybník u Lišova je jedním ze tří rybníků, které jsou vzájemně propojeny. Další dva rybníky se nazývají Pařezák a Nový rybník u Lišova, kterým Lišovský potok opět protéká.

Všechny tyto rybníky se nacházejí uprostřed lesního porostu smíšeného typu a jsou od sebe vzdáleny přibližně 150 metrů.

Lišovský potok opouští Nový rybník u Lišova pod jeho hrází a po zhruba 80-ti metrech ústí do Miletínského potoka.

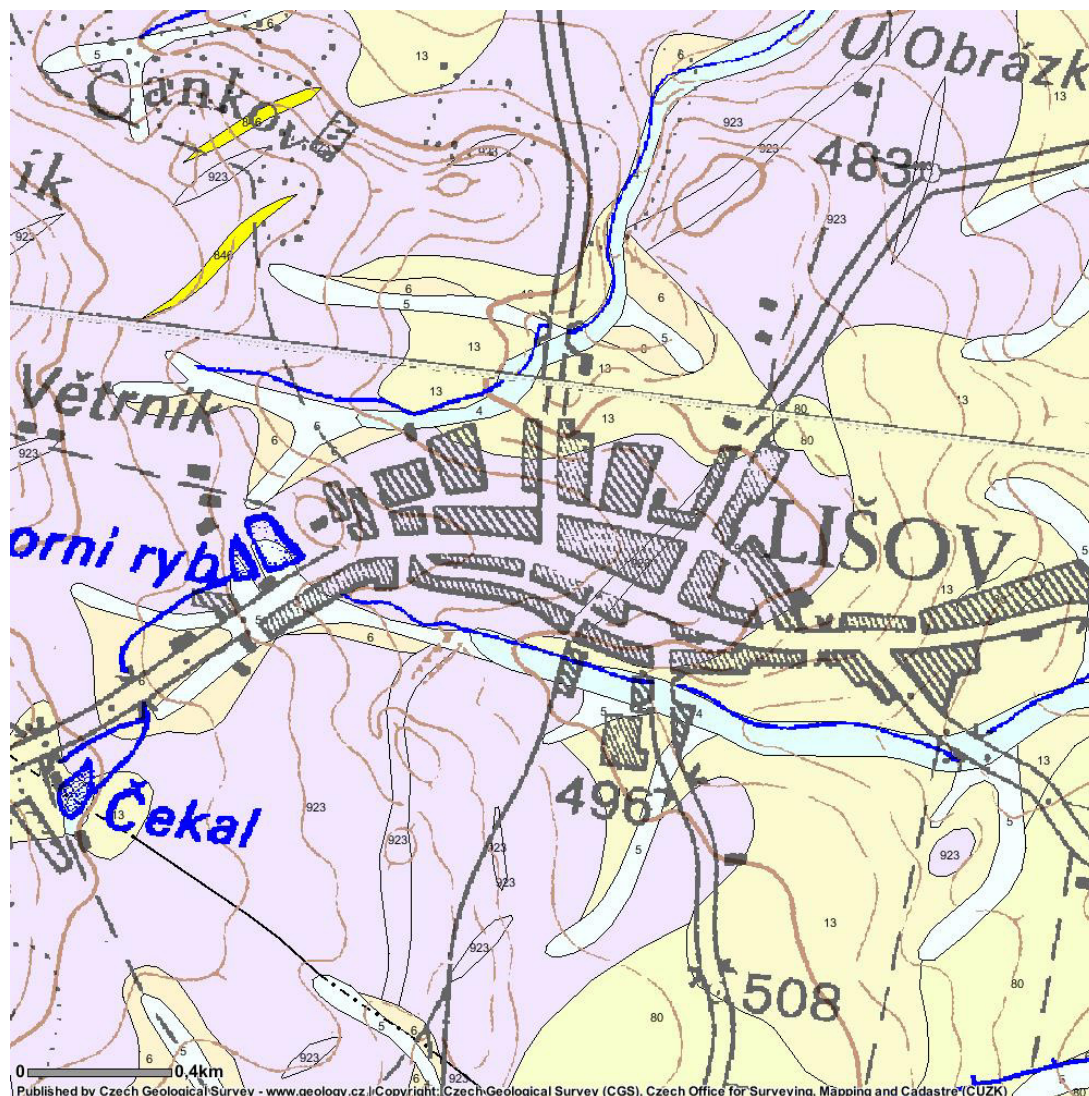
4.4 Geologie a pedologie

Z regionálně geologického hlediska leží povodí Lišovského potoka na styku Lišovského prahu moldanubika a Třeboňské pánve. Horniny moldanubika jsou v prostoru zájmové lokality překryty sedimenty Třeboňské pánve svrchnokřídového stáří. Třeboňská pánev vznikla společně s pánví Českobudějovickou při procesech saxonské zlomové tektoniky během křídy (přibližně před 88 miliony let) jako reakce na horotvorné procesy alpského vrásnění. Její geologické podloží tvoří senonské a neogéní sedimenty, moldanubické horniny a permské sedimenty. Třeboňskou pánev odvodňují reky Lužnice a Nežárka.

V těsné blízkosti Lišovského potoka se vyskytují pudy glejové a modální pseudogleje. Glejové pudy jsou trvale zamokřené spodní vodou. Pseudogleje jsou zamokřené povrchovou vodou. Ve výše položených oblastech nacházíme převážně kambizemě oligotrofní.

Tab. č. 5 – Typy geologického podloží, které jsou vyobrazeny na obrázku č. 6

Kód	Typ geologického podloží
4	nivní sedimenty (hlína, písek, štěrk)
5	splachové sedimenty (hlína, písek, štěrk)
6	svahové sedimenty (hlína, písek)
13	naváté sedimenty (spraš, sprašová hlína)
80	pískovec, slepenec, jílovec, prachovec
846	Aplit
923	Granulit



Obr. č. 6 - půdní mapa v okolí Lišovského potoka (www.geology.cz)

5. Metody

5.1 Získání základních charakteristik a údajů o povodí

Mezi základní všeobecné informace o povodí patří číslo hydrologického pořadí, rozloha povodí, hydrogeologický rajón, ochranná pásma v povodí, celková délka toku, výšková poloha prameniště a ústí toku, celková délka údolnice a zalesněnost povodí. Dále bude popsáno, jakým způsobem získám všechny tyto základní hodnoty, které mi o cílovém povodí a toku mnohé vypoví.

1. Číslo hydrologického pořadí

Číslo hydrologického pořadí se skládá až z osmi číslic ve tvaru X-YY-ZZ-KKK. První jednomístné číslo označované jako X určuje hlavní povodí I. řádu tj.

povodí hlavního toku. Druhé dvojčíslí označované jako YY určuje dílčí povodí hlavního toku II. řádu. Třetí dvojčíslí označované jako ZZ určuje základní povodí III. řádu. Poslední hodnotou z čísla hydrologického pořadí značené jako KKK je číslo povodí IV. řádu.

2. Rozloha

Rozlohu povodí je možné změřit pomocí nástroje na měření ploch přímo webových stránkách veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka. Pro pozdější výpočty označujeme tuto hodnotu jako F.

3. Hydrogeologický rajón

U hydrologického rajonu zjišťují informace jako je číslo rajonu, název hydrologického rajonu a název příslušného povodí, do kterého spadá cílový tok. Veškeré tyto informace jsou volně přístupné na serveru českého hydrometeorologického ústavu.

4. Ochranná pásma v povodí

Ochranná vodní pásma se vymezují okolo vodních zdrojů podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon) dle §30. Ochranná pásma vyznačují pásma v okolí toků nebo vodních zdrojů a jejich úkolem je zamezení znečištění. Vymezuje je příslušný vodohospodářský úřad. Ochranná pásma se dělí na pásma I. stupně a pásma II. stupně.

Ochranné pásmo I. stupně se vymezuje v bezprostřední blízkosti toku. Vymezuje se především u vodních nádrží, zdrojů pitné vody a podél vodních toků, ze kterých dochází k odběrům pitné vody. Rozlišujeme zde dva hlavní typy toků a to s jezovým vzduším a bez jezového vzduší. V prvním případě se ochranné pásmo vymezuje minimálně 200 metrů před místem odběru proti proudu a 100 metrů po proudu. Šířka ochranného pásma se stanovuje na 15 metrů.

Ochranné pásmo II. stupně se stanovuje vně ochranného pásma I. stupně. Ochranná pásma II. stupně se vymezují buďto souvislá nebo s přerušením, či jen na určitých úsecích určených příslušným vodohospodářským úřadem.

Informace o ochranných pásmech a jejich vymezení kolem toků je možné zjistit z webových stránek veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka.

5. Celková délka toku

Celkovou délku toku lze zjistit z digitální vodohospodářské mapy, která je volně přístupná na webových stránkách veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka. Pomocí integrovaného nástroje na měření vzdálenosti můžeme umístit jednotlivé lomové body do každého záhybu koryta toku a systém z těchto bodů sám určí vzdálenosti mezi jednotlivými body a také vzdálenost od prvního k poslednímu vytvořenému bodu. Pro pozdější výpočty označuji tuto hodnotu jako Lt.

6. Výšková poloha prameniště a ústí toku

Výškopisné údaje se dají vyčíst z výškopisné mapy. Podle těchto získaných hodnot je zřejmé, že voda proudící celým tokem během své cesty překoná spád 95 metrů. Z tohoto údaje pak lehce vypočítám i průměrný sklon spádnice. Jelikož Lišovský potok protéká i skrze několik rybníků a retenčních nádrží, je v těchto místech spádnice přerušena.

7. Celková délka údolnice

Další hodnota, která je snadno zjistitelná pomocí nástroje na měření vzdálenosti na webových stránkách veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka. Pro pozdější výpočty označuji tuto hodnotu jako Lú.

8. Zalesněnost povodí

Zalesněnost celého povodí jsem zjistil pomocí digitalizace polohopisného mapového zdroje a následným výpočtem výměr všech zalesněných ploch.

Mezi charakteristiky povodí patří střední šířka povodí, absolutní spád povodí, sklon údolnice, průměrný sklon povodí, absolutní spád toku, sklon toku, typ povodí, Gravelliův koeficient a koeficient protáhlosti povodí. Nyní popíši jak tyto hodnoty vypočítat.

1. Střední šířka povodí

Střední šířku povodí vypočítám jako poměr mezi plochou povodí F a délkou údolnice Lú. K výpočtu tedy použiji vzorec ve tvaru:

$$B = \frac{F}{L_u} \quad [\text{km}]$$

2. Absolutní spád povodí

Absolutní spád povodí značený ΔH vypočítám z rozdílu maximální a minimální nadmořské výšky v povodí. Vzorec má tedy následující tvar:

$$\Delta H = H_{\text{MAX}} - H_{\text{MIN}} \quad [\text{m}]$$

3. Sklon údolnice

Sklon údolnice je značený písmeny I_u . Nejdříve ve výpočtu provedu rozdíl mezi maximální a minimální nadmořskou výškou údolnice značenými $H_{\text{max } u}$ a $H_{\text{min } u}$. Následně celý výsledek vydělím délkou údolnice značenou L_u . Protože se výsledek uvádí v procentech, musím celé číslo vynásobit násobkem 100. Vzorec pro výpočet tedy vypadá následovně:

$$I_u = \frac{H_{\text{max } u} - H_{\text{min } u}}{L_u} \times 100 \quad [\%]$$

4. Průměrný sklon povodí

Průměrný sklon povodí je značený písmeny I_p . Nejdříve ve výpočtu provedu rozdíl mezi maximální a minimální nadmořskou výškou v povodí značenými H_{max} a H_{min} . Následně celý výsledek vydělím odmocninou z celkové plochy povodí značenou F . Jelikož se tento výsledek uvádí v procentech, musím celé číslo vynásobit násobkem 100. Vzorec pro výpočet tedy vypadá následovně:

$$I_p = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{\sqrt{F}} \times 100 \quad [\%]$$

5. Absolutní spád toku

Absolutní spád toku značený ΔH_T zjistím z rozdílu maximální a minimální nadmořské výšky toku značené $H_{T\text{max}}$ a $H_{T\text{min}}$. Vzorec pro výpočet je tedy jednoduchý:

$$\Delta H_T = H_{T\text{MAX}} - H_{T\text{MIN}} \quad [\text{m}]$$

6. Sklon toku

Sklon toku označujeme písmeny I_t a vypočítám ho vydělením absolutního spádu toku délkou toku značenou L_t . Celý výsledek vynásobím číslem 100, abych dostala hodnotu v procentech. Vzorec pro výpočet sklonu toku vypadá takto:

$$I_t = \frac{\Delta H_t}{L_t} \times 100 \quad [\%]$$

7. Typ povodí

Rozlišujeme tři typy povodí. Protáhlé, přechodný typ povodí a vějířovité. Pro určení typu povodí potřebuji znát dvě hodnoty, abych mohl podle tabulky určit příslušný typ povodí. Jako první je hodnota celkové plochy povodí, značená písmenem F a dále koeficient α , který získám vydělením plochy povodí F druhou mocninou délky údolnice Lú. Vzorec pro výpočet koeficientu α tedy vypadá takto:

$$\alpha = \frac{F}{Lú^3}$$

Potom určím typ povodí podle následující tabulky (Tab. č. 6):

Povodí	F < 50 km ²	F > 50 km ²
Protáhlé	$\alpha < 0,24$	$\alpha < 0,18$
Přechodný typ	$0,24 < \alpha < 0,26$	$0,18 < \alpha < 0,2$
Vějířovité	$\alpha > 0,26$	$\alpha > 0,2$

8. Gravelliův koeficient

Pomocí tohoto koeficientu stanovujeme míru protáhlosti nebo kruhovosti povodí. Vypočítá se poměrem, délky rozvodnice L_r k obvodu kruhu o stejné ploše, jako je plocha povodí F. Hodnoty koeficientu jsou rovny, nebo vyšší 1. Čím více se tvar povodí blíží tvaru kruhu, tím je Gravelliův koeficient blíže 1.

$$Kg = \frac{L_r}{\sqrt{F\pi}} \quad [Kg \geq 1]$$

Hodnota L_r (délka rozvodnice) byla zjištěna změřením obvodu rozvodnice na webových stránkách veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka pomocí integrovaného nástroje na měření vzdálenosti.

9. Koeficient protáhlosti povodí

Koeficient protáhlosti povodí vypočítáme jako podíl průměru kruhu o stejné ploše, jako je délka povodí s délkou povodí. Čím více se koeficient přibližuje nule, tím více je povodí protáhlé. Vzorec pro výpočet vypadá následovně:

$$Re = \frac{2\sqrt{F}}{L} \quad Re \in \langle 0; 1 \rangle$$

Hodnota L (přímková vzdálenost od ústí toku k nejzazšímu bodu v povodí) byla zjištěna měřením na webových stránkách veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka pomocí integrovaného nástroje na měření vzdálenosti.

5.2 Podélný výškový profil toku

Podélný výškový profil byl vypracován podle výškopisného mapového podkladu získaného na webových stránkách veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka. Pomocí nástroje na měření vzdálenost, který je na tomto serveru také dostupný jako jedna z funkcí, byla změřena nejprve celková délka celého toku. Poté byly změřeny vzdálenosti mezi jednotlivými vrstevnicemi. Z této výškopisné mapy byla vyčtena maximální nadmožská výška celého povodí i nejnižší výškový bod. Větší pozornost byla věnována bezprostřednímu okolí Lišovského potoka.

Následně naměřené a zaznamenané hodnoty byly použity pro vyhotovení podélného výškového profilu toku v programu MicroStation PowerDraft V8i For Academic Use (verze pro nekomerční akademické použití), který je na serveru vývojářů (www.bentley.com) pro tyto účely zdarma dostupný.

Prvotní práce s tímto softwarem spočívala v určení a znázornění os. Na vodorovné ose byla následně vynesena celá délka toku po 500-ti metrech. Na svislou osu byly vyneseny jednotlivé nadmožské výšky vrstevnic v těchto místech, kde je Lišovský potok protíná.

Následným vynesením vodících linek byly získány všechny průsečíky v grafu. Tyto průsečíky po spojení utvořili konečný obraz podélného výškového profilu toku. Pro projekci a tisk, byl celý výkres transformován do patřičné velikosti a opatřen měřítkem. Měřítko výkresu se liší pro vodorovnou i svislou osu, jelikož tok o délce 5,8 km, by bylo těžké převést na papír.

5.3 Rychlost proudění

Jelikož se ve sledovaném povodí na cílovém vodním toku nenachází žádné zařízení na měření rychlosti proudění a tato hodnota je pro správné vyřešení všech cílů této práce důležitá, byla zjištěna alespoň přibližná hodnota rychlosti proudění. Tuto hodnotu jsem získal za pomoci pásma, dvou stopek a plováku. Nejprve jsem podél toku na měřeném úseku natáhl pásmo, pomocí kterého jsem odměřil vzdálenost 10 metrů. Plovák jsem kvůli lepší manipulaci opatřil provázkem, aby se dal z toku snadno vytáhnout. Vhodil jsem ho ale do vody ještě před nulovou hodnotou na pásmu a společně s ním byly spuštěny oboje stopky. Při pohybu plováku jsem pečlivě dbal na to, aby provázek, za který byl přivázaný, nijak nebrzdil nebo naopak nezrychloval jeho pohyb v toku. V momentě, kdy míjel začátek trasy, jsem zastavil první stopky, a když míjel vzdálenostní hodnotu deseti metrů, tak jsem zastavil i druhé stopky. Obě tyto hodnoty jsem si následně zaznamenal a po odečtení těchto naměřených časů jsem zjistil čas, za který překonal plovák tuto vzdálenost. Po naměření jsem plovák pomocí provázku vytáhl a měření jsem opakoval na dalším z úseků. Následně jsem vypočítal průměrné rychlosti proudění pomocí vzorce pro výpočet rychlosti:

$$v = \frac{s}{t}$$

Kde: v – rychlost

s – dráha

t – čas

Je známo, že u dna je rychlost proudění větší než na hladině toku, tuto hodnotu ale není možné bez příslušného vybavení změřit, a proto byl využit tento způsob, který není tolik přesný.

5.4 Rozdělení toku na části

Pro lepší popis a zhodnocení celého povodí jsem tok rozdělil do čtyř částí. Všechny vodní plochy nacházející se v povodí budou popsány a zhodnoceny jednotlivě. Tok je rozdělen tak, aby každý úsek byl něčím specifický a od ostatních částí se odlišoval. Jednotlivě rozdělené části budou také popsány a zhodnoceny jednotlivě. U každého úseku bude brán zřetel na každý aspekt jako je stav a

přítomnost opevnění koryta, stav dna koryta, množství sedimentů, rychlost proudění a jednotlivé popsané náčrty profilu koryta v daném místě.

5.4.1 Popis jednotlivých částí koryta

1. Úsek

První úsek je vymezen od prameniště z rybníka Čekal do vzdálenosti 800 metrů. V tomto úseku protéká Lišovský potok z části podzemním kanálem. Podtéká v podzemí komunikaci, vedoucí z Lišova do Českých Budějovic. Dále potok teče podél vedlejší silnice, která vede přímo k oběma částem Horního rybníka. Ještě před první částí Horního rybníka první vymezený úsek končí.

2. Úsek

Druhý vymezený úsek začíná před první částí Horního rybníka a končí až před Tyršovou ulicí, která vede z náměstí města směrem na jih ven z města. V této ulici začaly vyrůstat nové rodinné domy a tak zde začíná být čím dál tím více rušno. Tento úsek je dlouhý 1000 metrů. Zahrnuje i druhou část Horního rybníka a také Čížkovský rybník. V tomto úseku má Lišovský potok před Tyršovou ulicí, kterou podtéká v dalších betonových skružích jeden přítok z odvodňovací strouhy. Na počátku této odvodňovací strouhy byl v minulosti vybudován malý okrasný rybníček. Tato odvodňovací strouha je dlouhá 750 metrů.

3. Úsek

Třetí úsek začíná na druhém konci Tyršovy ulice, odkud potok vytéká z vybudované betonové skruže a pokračuje dále na východ podél Lišova. Protéká několika soukromými pozemky v nově vyloženém korytě betonovými deskami. Tento úsek je dlouhý 1130 metrů a končí před silnicí E 49, která vede z Lišova do Štěpánovic. Tato část koryta je celá opevněna betonovými deskami, a také je v tomto úseku i při nízkém stavu vodní hladiny nejrychlejší průtok. Potok zde protéká jižně od města Lišov a míjí druhou zahrádkářskou oblast, která je hned pod městským hřbitovem na svahu prolákliny, kterou Lišovský potok protéká. Na pravém břehu toku se nachází zemědělsky využívaná půda. V tomto úseku je také přes Lišovský potok vybudováno několik můstků sloužících k jeho přechodu na druhý břeh. V tomto úseku jsou vybudovány dvě odvodňovací strouhy, kterými je odváděna

přebytečná povrchová voda z orné půdy. V tomto úseku se nenachází žádný rybník či jiný vodní útvar.

4. Úsek

Čtvrtý a poslední úsek začíná pod silnicí E49 a končí až u ústí Lišovského potoka. Tento úsek je nejdelší. Měří 2870 metrů. Ze začátku je koryto ještě opevněno betonovými deskami, a proto je zde rychlost proudění ještě vyšší. Tato část se nachází již mimo město Lišov. Vede skrze hustě zarostlé plochy smíšenou vegetací. Rychlé proudění je zde ale jen na začátku, dále se rapidně snižuje a teče pozvolna až do Dolního rybníka u Lišova. Tento rybník je jednou ze tří vodních ploch, které se nacházejí v tomto úseku spolu s Pařezovým rybníkem a Novým rybníkem u Lišova. Mezi těmito rybníky, které jsou umístěny na okraji dalšího smíšeného lesa, se nachází menší mokřady. V tomto úseku je také na některých místech koryto nejširší. Je zde vybudována také odvodňovací soustava. Jeden odvodňovací příkop přivádí přebytečnou vodu z levé strany toku a druhý, podstatně větší z pravé strany.

5.4.2 Popis jednotlivých nádrží

Rybník Čekal

Z rybníka Čekal pramení Lišovský potok. Rybník leží u zahrádkářské oblasti 300 metrů od města Lišov. V bezprostřední blízkosti se nachází zahrádkářská kolonie. Plochy všech rybníků budou změřeny pomocí nástroje na měření ploch přímo na webových stránkách veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka. Rybník je asi z jedné třetiny hustě zarostlý vysokým rákosem obecným (*Phragmites australis*). V minulosti sloužil k rekreaci. Je zde ještě pozůstatek skokanského můstku. Podle pohybu vodní hladiny je patrné, že je v rybníce několik desítek ryb. Na hladině pluje menší hejno divokých kachen. V okolí rybníka rostou stromy, jako je bříza bělokorá (*Betula pendula*), topol osika (*Populus tremula* L.) a dub letní (*Quercus robur*). Na východní straně z rybníka vytéká Lišovský potok.

Veškeré výsledky byly zjištěny při terénním šetření a řadě měření z mapových podkladů i na místě.

Horní rybník

Horní rybník je rozdělen hrází na dvě části. Podél menší části Lišovský potok jen protéká a není s ní nijak spojen. Druhou (větší) částí rybníka protéká. Menší část rybníka je okrajově zarostlá nízkými porosty rákosu obecného (*Phragmites australis*). Je vidět, že je velice dobře udržována. Je zde vybudované i portipovodňové opatření v podobě trubky o průměru 10 centimetrů, která je položena pod zemí a odvádí přebytečnou vodu do Lišovského potoka, kterým odtéká pryč. Na této vodní ploše je i několik divokých kachen.

Větší část Horního rybníka je opevněna ze všech stran betonovými deskami. Je zde mnohem více ryb než v rybníce Čekal. Část okolní flóry je z hráze odstraněna. Hráz mezi oběma částmi rybníka je široká 12 metrů v nejširším místě uprostřed. Na začátku a na konci je to jen 6 metrů. Voda opouští Horní rybník skrze česla do podzemí pod pozemní komunikace a obydlí. Z příbřežní vegetace je zde několik bříz bělokorých (*Betula pendula*) a dubů letních (*Quercus robur*).

Čížkovský rybník

Čížkovský rybník se nachází zhruba ve třetí čtvrtině druhého zkoumaného úseku. Je vidět, že je celá nádrž zanedbaná a neudržovaná. Plocha rybníka je z jedné čtvrtiny zarostlá rákosem obecným (*Phragmites australis*). Na hrázi rybníka jsou v řadě vysázeny břízy bělokoré (*Betula pendula*), které slouží jako hnízdiště mnoha ptáků. Okolí potoka je částečně vykácené. Je patrné, že tento rybník plní funkci retenční nádrže, jelikož je do něj přiváděna voda Lišovským potokem značnou rychlostí.

Dolní rybník u Lišova

Dolní rybník u Lišova se nachází na okraji smíšeného lesa zhruba jeden kilometr vzdušnou čarou od Lišova. 10% plochy rybníka je zarostlá rákosem obecným (*Phragmites australis*). Hráze jsou zpevněny kořeny rostoucích stromů. Hned na hrázi rybníka roste několik vrb jív (*Salix caprea* L.). Podle čeřící se vody je patrné velké množství ryb a několik desítek divokých kachen plujících po hladině. Je zde vybudováno i krmné zařízení pro ryby.

Rybník Pařezák

Rybník Pařezák se nachází uprostřed smíšeného lesa. Neprotéká jím Lišovský potok. Pouze je propojen dvěma malými strouhami společně s Dolním a Novým rybníkem u Lišova. Od Dolního rybníka u Lišova je vzdálený pouze 100 metrů. Jedná se o již nevyužívanou a zanedbanou vodní plochu. Dříve sloužil jako chovný rybník ryb a vodního ptactva. Ročně z něj bylo získáváno na 450 kusů ryb. V jeho blízkosti a na hrázi rostou převážně břízy bělokoré (*Betula pendula*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*).

Nový rybník u Lišova

Nový rybník u Lišova se nachází 1450 metrů vzdušnou čarou od města Lišov. V okolí rybníka je z jedné strany stromořadí, které je tvořeno břízami bělokorými (*Betula pendula*). Z druhé strany je asi 20 metrů široký pás nově vysázených jehličnanů, které jsou vysazeny v těsné blízkosti u sebe. Mezi těmito porosty se na východní straně rybníka nachází hráz, pod kterou je přebytečná voda odváděna pomocí primitivního, dřevěného, ale plně funkčního požeráku.

5.5 Průzkum erozního ohrožení zemědělsky využívaných pozemků v povodí

Výpočet erozního ohrožení zemědělských půd v povodí Lišovského potoka byl proveden pomocí Wischmeier-Smithovy rovnice. Pro výpočet jsem stanovil celkem šest svahů, na nichž je předpokládána nejvyšší vodní eroze. Jednotlivé svahy jsou zakresleny na přiložených mapách v přílohách (Příloha č. 4).

1. Svah

Tento svah se nachází nad pozemní komunikací E 49. Délka tohoto svahu je 866 metrů a sklon svahu je 3,5%. Podle tabulek je tedy hodnota faktoru délky svahu L 6,39 a hodnota faktoru sklonitosti S 0,35.

2. Svah

Tento svah je mezi rybníkem Čekal v místě prameniště Lišovského potoka a potokem samotným několik metrů před Čížkovským rybníkem. Délka tohoto svahu je 1 212 metrů a sklon svahu je 3%. Podle tabulek je tedy hodnota faktoru délky svahu L 7,39 a hodnota faktoru sklonitosti S 0,26.

3. Svah

Tento svah začíná u pozemní komunikace vedoucí z města Lišov do nedalekého lesa, který se ale již nenachází ve sledovaném povodí. Tato ulice je pojmenována jako Tyršova ulice. Konec tohoto svahu je u zástavby v jižní části města. Délka tohoto svahu je 671 metrů a sklon svahu je 3%. Podle tabulek je tedy hodnota faktoru délky svahu L 5,62 a hodnota faktoru sklonitosti S 0,26.

4. Svah

Tento svah začíná u pozemní komunikace vedoucí z města Lišov do nedalekého lesa. Tato ulice je pojmenována jako ulice Lazna. Tento svah končí u polní cesty, která vede také do města Lišov. Délka tohoto svahu je 781 metrů a sklon svahu je 2%. Podle tabulek je tedy hodnota faktoru délky svahu L 6,04 a hodnota faktoru sklonitosti S 0,18.

5. Svah

Tento svah vede podél odvodňovací strouhy, která je dále před Novým rybníkem u Lišova napojena na Lišovský potok. Délka tohoto svahu je 973 metrů a sklon svahu je 2%. Podle tabulek je tedy hodnota faktoru délky svahu L 6,75 a hodnota faktoru sklonitosti S 0,18.

6. Svah

Tento svah se nachází již za městem Lišov. Vede od okraje malé zahrady až ke korytu Lišovského potoka v místě mezi Dolním a Novým rybníkem u Lišova. Délka tohoto svahu je 835 metrů a sklon svahu je 2%. Podle tabulek je tedy hodnota faktoru délky svahu L 6,04 a hodnota faktoru sklonitosti S 0,18.

Hodnota faktoru erozní účinnosti deště R je pro Českou republiku stanovena na 20, což je průměrná hodnota pro celé území. Proto byla také v těchto výpočtech tato hodnota použita.

Jelikož se všechny svahy nacházejí na glejových půdách, je podle tabulek hodnota faktoru erodovatelnosti půdy K stanovena na 0,44. Tato informace byla získána z územního plánu města Lišov.

Pro výpočet faktoru ochranného vlivu vegetace C byl stanoven pětihonný osevní postup z plodin, které jsou pro jihočeský kraj typické. Osevní postup se skládá z jetele, pšenice ozimé, řepky olejné, kukuřice a ječmene jarního s podsevem. Po

určení jednotlivých období pro výpočet tohoto faktoru se k jednotlivým obdobím přiřadila příslušná hodnota faktoru C a poměrný podíl hodnoty faktoru R.

Hodnota faktoru vlivu protierozních opatření P byla stanovena na 1, jelikož se na sledovaných svazích dosud neuplatňují žádná protierozní opatření.

5.6 Zhodnocení možného povodňového rizika

Přírodní pohroma jako jsou povodně, sužují celé území České republiky. Některé oblasti jsou ohroženy tímto nebezpečím více a jiné naopak v menší míře. Míra povodňového rizika závisí jako jakékoliv jiné nebezpečí na třech faktorech. Záleží ovšem také na způsobu přístupu k celému problému. Můžeme k celé problematice přistupovat z pohledu ekonomického, nebo zastávat spíše procesní přístup.

U ekonomického přístupu se míra rizika vyjadřuje pomocí vztahu $R = F * N$, kde R je míra rizika, F je pravděpodobnost výskytu dané situace a N jsou následky. Tento přístup je jedním z nejstarších modelů hodnocení míry rizika. Klade důraz na vyčíslení následných škod po proběhlé povodni.

Procesní přístup vychází z procesů a faktorů, které mohou zapříčinit vznik povodňového rizika. V tomto případě je riziko definováno na základě tří faktorů a vyjádřeno vztahem $R = H * E * V$, kde R je opět riziko, H je ohrožení, E je expozice a V je zranitelnost. Tyto tři složky se také navzájem velmi ovlivňují. Při posuzování rizika povodní tímto způsobem jsou hlavními činiteli ohrožení především atmosférické srážky, tání sněhové pokrývky a také procesy, které mohou zapříčinit například protržení hrází vodních nádrží. Expozice představuje potenciál možné škody způsobené povodněmi. Škodami se v tomto smyslu myslí škody na budovách, průmyslové výrobě nebo zemědělské činnosti. Zranitelnost je možné definovat jako náchylnost ke vzniku škody. Při kombinaci s ohrožením a expozicí můžeme rozlišovat zranitelnost socioekonomický struktur a vazeb nebo zranitelnost přírodního prostředí.

V posledních několika letech má ohrožení povodňovými riziky stoupat. To vše je vyvoláno především lidskou činností a povodně se tak stávají globálním problémem celé společnosti

5.7 Návrh na celkovou revitalizaci povodí

Navržené revitalizační úpravy povodí jsou v souladu s odbornými publikacemi, které se revitalizací přímo zabývají. Celkový návrh klade důraz na čistotu koryta toku i všech vodních nádrží, dále na stav břehů a koryt. V neposlední řadě je zvažován také dopad na protipovodňovou ochranu města Lišov, které by mohlo být nesprávným revitalizačním návrhem ohroženo. Je zde kladen i důraz na podporu retenční schopnosti krajiny v povodí a také podporu biodiverzity v okolí toku.

5.8 Zhodnocení možností financování a realizovatelnosti revitalizační akce

Program revitalizace říčních systémů byl založen roku 1992 a jeho prostřednictvím bylo možno financovat revitalizace vodního prostředí, čističek odpadních vod a kanalizace. Tento program byl ale roku 2008 ukončen a již není možné podání žádosti o finanční prostředky pro tyto účely. Veškeré poskytované finanční prostředky pro revitalizace uvolňuje ministerstvo životního prostředí. Finančních prostředků z tohoto programu využívala dlouhodobě také Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR) k realizaci vlastních revitalizačních projektů.

Od roku 2014 lze žádat o tyto finanční prostředky z Operačního programu Životní prostředí a Programu rozvoje venkova pro období 2014 až 2020. AOPK ČR projednává jednotlivé revitalizační akce a připravuje podklady pro závěrečná hodnocení akcí. Rozhodování o přidělení finančních prostředků a jejich výši je ale nadále v kompetenci ministerstva životního prostředí.

Projekt REURIS (REvitalization of Urban RIver Spaces) běžel v letech 2008 až 2011.

Pro roky 2009 až 2018 je připraven Program obnovy přirozených funkcí krajiny (POPFK). Tento program byl založen pro financování závazku, které má Česká republika vůči EU. Vznik tohoto programu je v souladu s prioritami České republiky i EU. Nejedná se o program veřejné podpory, ale o program pro podporu mimoprodukčních funkcí krajiny. Z tohoto programu je možné v současné době

žádat o finanční prostředky pro realizování revitalizačních akcí. Podle tabulek v dokumentaci tohoto projektu, který je dostupný na webových stránkách AOPK ČR.

Tab. č. 7 – Tabulka maximálních nákladů na měrnou jednotku

Název parametru	Měrná jednotka	Náklady na jednotku v Kč
Revitalizované koryto vodního toku včetně revitalizace nivy	m ² plochy koryta vodního toku vč. nivy	200
Revitalizované koryto vodního toku	m ² plochy koryta vodního toku	2 000
Obnovený nebo vytvořený mokřad	ha	100 000
Odtěžený sediment při obnově či tvorbě tůň	m ³ odtěženého sedimentu	600
Vybudovaná, obnovená nebo zrekonstruovaná vodní nádrž	m ² zadržené vody při hladině normální	600
Odtěžený sediment při odbahnění vodní nádrže	m ³ odtěženého sedimentu	600
Rybí přechod (přírodě blízké rybí přechody)	m ²	50 000
Rybí přechod (technické nebo kombinované rybí přechody)	m	300 000
Příprava akce včetně zpracování projektové Dokumentace	ks	1 000 000

(www.dotace.nature.cz)

Také je možné zažádat o finanční prostředky k revitalizačním pracím příslušné město, v jehož obvodu se má konkrétní revitalizační projekt realizovat.

Žadatelem o finanční příspěvek může být vlastník pozemku, správce toku, AOPK ČR nebo nájemce pozemku.

K realizování celého revitalizačního projektu je možné najmout některou z firem, které se touto činností zabývají. Tomu by ale mělo předcházet řádné výběrové řízení.

6. Výsledky a diskuze

6.1 Základní údaje o povodí

1. Číslo hydrologického pořadí

1-07-02-052

2. Rozloha

6,67 km²

3. Hydrogeologický rajón

- Číslo rajonu: 21520
- Název hydrogeologického rajónu – Třeboňská pánev - střední část
- Povodí – Labe, dílčí povodí – Horní Vltava

4. Ochranná pásma v povodí

Podle webových stránek veřejné výzkumné instituce výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka není zatím v povodí Lišovského potoka vymezeno žádné ochranné pásmo vodního zdroje. Podle koncepce návrhu nového územního plánu celého mikroregionu Lišovsko se ale plánuje tato ochranná pásma v budoucnu vymežit.

5. Celková délka toku

5,8 km

6. Výšková poloha prameniště a ústí toku

- Prameniště: 550 m.n.m.
- Ústí: 455 m.n.m.
- Převýšení: 95 m

7. Celková délka údolnice

1972 m

8. Zalesněnost povodí

Zalesněnost povodí je 0,66 km², což tvoří 10,11 % z celkové plochy povodí.

6.2 Základní charakteristiky povodí

1. Střední šířka povodí

$$B = \frac{F}{Lú} \quad [\text{km}] \quad B = \frac{6,672}{1972} = 3,38 \text{ km}$$

2. Absolutní spád povodí

$$\Delta H = H_{\text{MAX}} - H_{\text{MIN}} \quad [\text{m}] \quad \Delta H = 550 - 445 = \mathbf{95 \text{ m}}$$

3. Sklon údolnice

$$I_u = \frac{H_{\text{max } u} - H_{\text{min } u}}{L_u} \times 100 \quad [\%] \quad I_u = \frac{0,49 - 0,45}{1,975} * 100 \quad I_u = \mathbf{1,62\%}$$

4. Průměrný sklon povodí

$$I_p = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{\sqrt{F}} \times 100 \quad [\%] \quad I_p = \frac{0,55 - 0,445}{\sqrt{6,672}} * 100 \quad I_p = \mathbf{4,065\%}$$

5. Absolutní spád toku

$$\Delta H_T = H_{\text{TMAX}} - H_{\text{TMIN}} \quad [\text{m}] \quad \Delta H_T = 550 - 445 = \mathbf{95 \text{ m}}$$

6. Sklon toku

$$I_t = \frac{\Delta H_t}{L_t} \times 100 \quad [\%] \quad I_t = \frac{0,095}{5,8} * 100 \quad I_t = \mathbf{1,6379\%}$$

7. Typ povodí

Podle tabulky č. 6, která je uvedena v metodice se jedná s hodnotou F (rozloha povodí) a hodnotou α (typ povodí) o povodí vějířovité.

8. Gravelliův koeficient

$$Kg = \frac{Lr}{\sqrt[2]{F\pi}} \quad Kg \geq 1 \quad Kg = \frac{12,25}{\sqrt[2]{6,67\pi}} = \mathbf{1,338}$$

9. Koeficient protáhlosti povodí

$$Re = \frac{\sqrt[2]{F}}{L} \quad Re \in \langle 0; 1 \rangle \quad Re = \frac{\sqrt[2]{6,67}}{4,745} = \mathbf{0,61416}$$

6.3 Podélný výškový profil toku

Dle vypracovaného výškového profilu a jeho schématu, který je mezi přílohami (příloha č. 1), je patrné převýšení mezi prameništěm a ústím Lišovského potoka 95 metrů. Celý podélný výškový profil má délku 5,8 km, což odpovídá celkové délce toku. Kvůli lepšímu vyobrazení bylo celé schéma změněno do měřítka 1:40000/500.

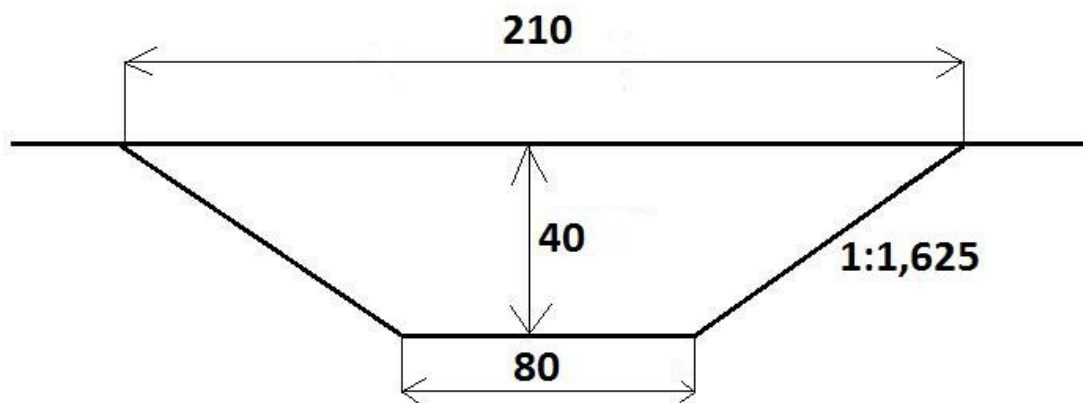
6.4 Zhodnocení jednotlivých částí s náčrty koryta

1. Úsek

V tomto úseku je koryto zpevněno jen posledních 100 metrů. Zbytek toku až k prameništi z rybníka Čekal není nijak opevněn technickou úpravou koryta. Je zde vidět, že koryto je ještě před tím, než začne procházet městem Lišov neudržované. Na některých místech je dokonce zarostlé hustou vegetací a není díky tomu ani přístupné.

Dno koryta je pokryto malou vrstvou sedimentu tvořeného převážně těmi nejjemnějšími částicemi. Rychlost vodního proudu je v tomto úseku velice nízká, pouze 0,089 m/s a to z toho důvodu, že Lišovský potok je napájen pouze z rybníka Čekal. V tomto úseku se nenachází ani žádné odvodňovací kanály pro odvod povrchové vody z okolí, a proto byla v době terénního šetření hladina vody velice nízká.

Nízký stav vodní hladiny byl v době šetření na celém toku na všech úsecích. Tuto skutečnost zapříčinila velmi malá sněhová pokrývka v předcházejícím zimním období, které bylo také velice krátké.



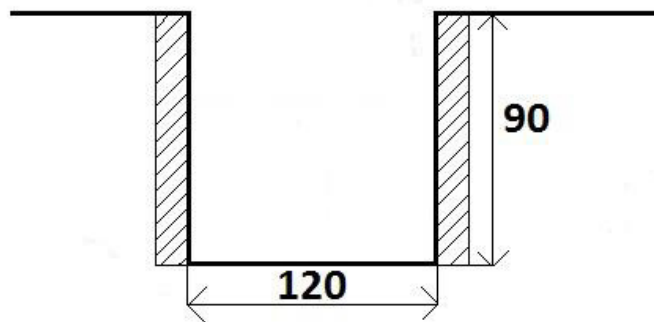
Obr. č. 7 – Schéma příčného profilu koryta mezi rybníkem Čekal a Horním rybníkem

2. Úsek

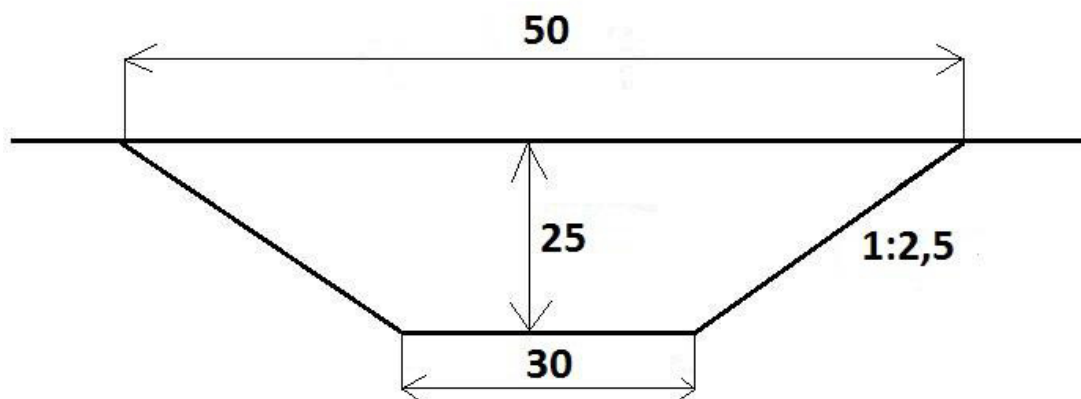
V druhém úseku je zprvu koryto opevněno kamenivem, které je spárováno betonem. Toto opevnění se nachází před tím, než se Lišovský potok vlije do Horního rybníka. V tomto místě má koryto obdélníkový tvar, je široké 120 cm a hloubka koryta je 90 cm. Postupně se tato hloubka snižuje a pozvolna přechází v ústí do Horního rybníka.

Jelikož se hned za Horním rybníkem nachází největší spád v celé trase potoka, protože zde pokračuje potok skrze betonovou skruž pod silnicí a několika domy, je tato část opatřena retenční nádrží, která má za úkol opět zpomalit rychlost jeho proudění. Za touto nádrží je rychlost proudění jen 0,125 m/s. Sedimenty v korytě jsou jen ve formě malých částic, jelikož většina je zachycována právě v Čížkovském rybníce. Koryto je neopevněné a ve velmi špatném stavu. Jeho trasa připomíná jakési miniaturní meandry. Celý tento úsek byl v minulosti zatopený. Dnes jej před zatopením chrání Čížkovský rybník. Jelikož je za retenční nádrží patrna vyšší hladina podzemní vody, je okolí koryta jemně podmáčené.

Dále má koryto v tomto úseku jiný tvar i rozměry. Budou proto vyobrazeny dva náčrty koryta.



Obr. č. 8 – Schéma příčného profilu opevněného koryta před Horním rybníkem



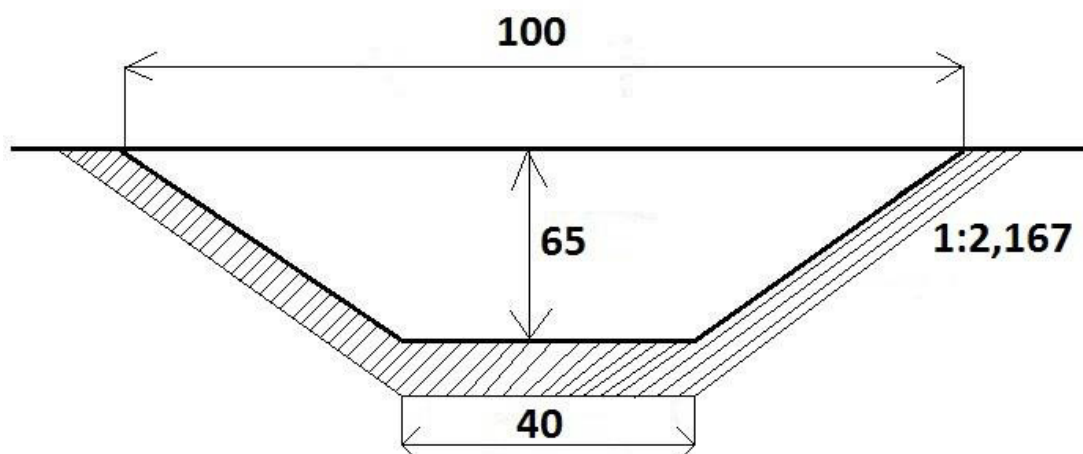
Obr. č. 9 – Schéma příčného profilu koryta ve druhém úseku za Čížkovským rybníkem

3. Úsek

Celý třetí vymezený úsek koryta je opevněn betonovými deskami. Na tomto povrchu se neuchycují žádné sedimenty a jsou proudem unášeny dále po proudu do dalších částí toku. V tomto úseku je kvůli betonovému opevnění rychlost proudění vysoká. Dosahuje zde rychlosti 0,25 m/s. Koryto je zde místy zapadáno okolním rákosem obecným (*Phragmites australis*) a listím z příbřežní vegetace, kterou tvoří smíšené porosty. Opevnění je zde vybudováno nejspíše kvůli rychlejšímu odvodu vody v potoce a kvůli ochraně okolních zahrad. V místě, kde protéká skrze soukromé pozemky, jsou vybudovány odvodňovací strouhy, které při dešti přivádějí do koryta velké množství srážkové vody.

V tomto úseku je potok technickou úpravou napřímen a nevyskytují se zde žádné prvky přírodního přirozeného vývoje koryta. Jelikož je ve druhé polovině

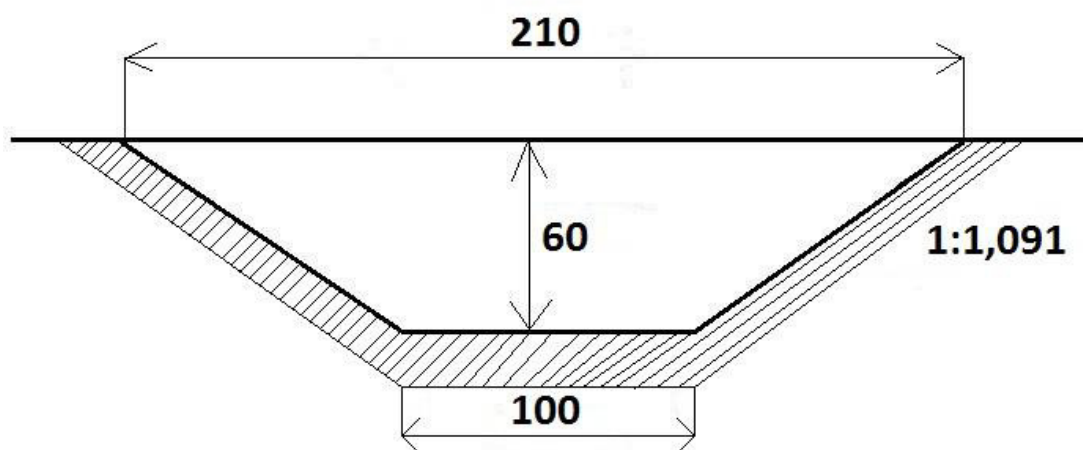
tohoto úseku koryto technickými úpravami položeno hlouběji do terénu, není ani z dálky patrné, že by se zde nějaký tok vůbec nacházel.



Obr. č. 10 – Schéma příčného profilu opevněného koryta mezi zahrádkářskou kolonií a zemědělskou ornou půdou

4. Úsek

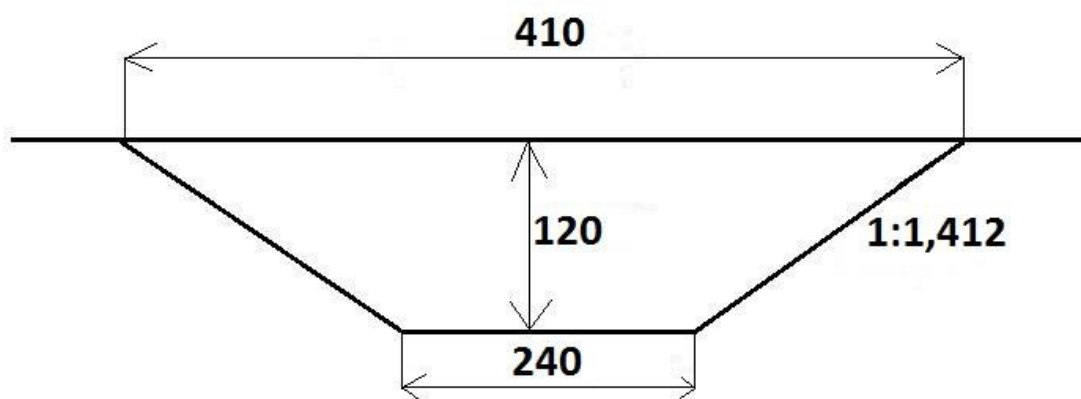
Poslední a také nejdelší vymezený úsek Lišovského potoka je zprvu ještě vyložen betonovými deskami. Šíře koryta je v tomto úseku velice variabilní a s tím souvisí i rychlost průtoku. Na prvních desítkách metrů tohoto úseku je rychlost proudění nejvyšší z celého toku. Dosahuje zde rychlosti 0,435 m/s. Sedimenty se v této části usazují velice těžko.



Obr. č. 11 – Schéma příčného profilu opevněného koryta hned za silnicí E49

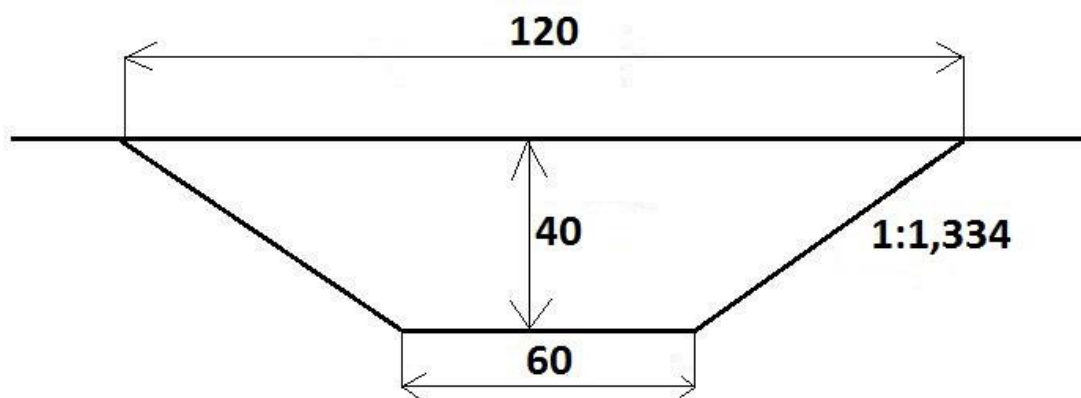
Oproti tomu ve střední části je již koryto vyhloubeno a dosahuje v místech šířky i 4,1 metru. Na těchto místech se zdá, že voda vůbec neproudí, ale není tomu

tak. Takto široké koryto připomíná malé přírodní tůňky, jelikož zde již není žádné technické opevnění toku a břehy jsou zpevněny jen kořenovým systémem trvalých travních porostů. V těchto tůních se usazují veškeré sedimenty a látky, které neměly vlivem rychlosti proudění a hladkému povrchu betonových desek v korytě možnost uchycení v předešlých částech toku.



Obr. č. 12 – Schéma příčného profilu koryta v místech přírodních tůňek

Voda poslední částí koryta protéká podél smíšeného lesního porostu, dokud se nevlíje do Nového rybníka u Lišova. Proudění je zde ještě nižší. Koryto je zde opevněno mohutnými kořenovými systémy příbřežní vegetace. Tato část toku se ale nachází v proláklíně, nad kterou se tyčí vysoké zatravněné kopce, a proto zde velice snadno dochází ke smyvům již při malém dešťové přeháňce.

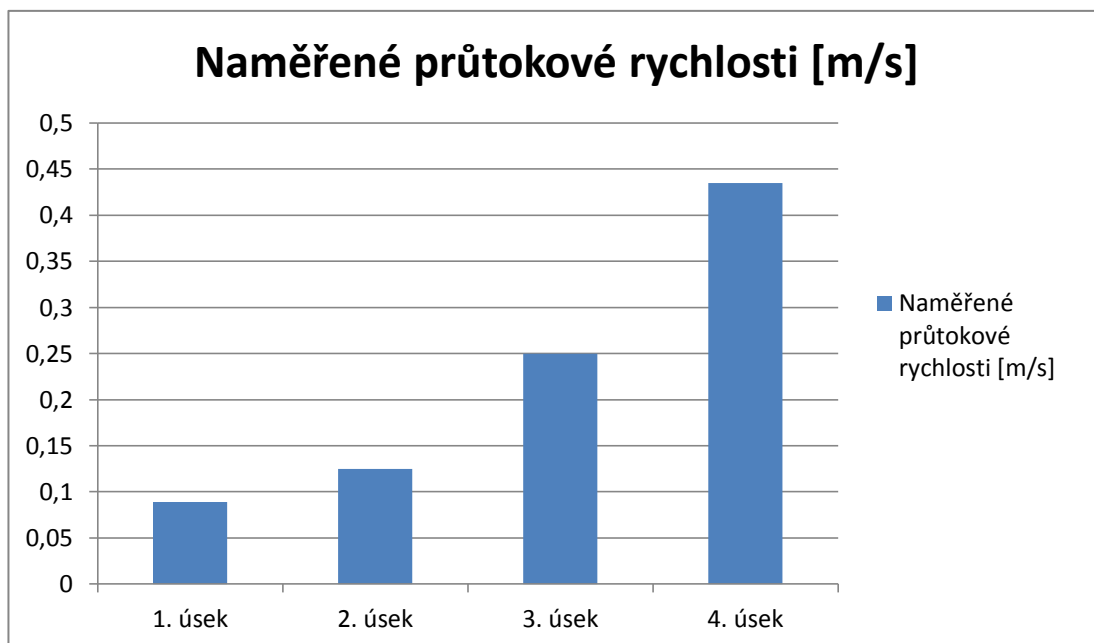


Obr. č. 13 – Schéma příčného profilu koryta před vlivem do Nového rybníka

Lišovský potok se vlévá několik metrů za hrází Nového rybníka u Lišova do Miletínského potoka.

6.4.1 Graf naměřených průtoků v jednotlivých částech toku

Pro lepší představu rozdílů rychlosti proudění přikládám graf s jednotlivými hodnotami.



Graf č. 1 – naměřené hodnoty průtokových rychlostí v korytě

6.5 Zhodnocení jednotlivých nádrží

Rybník Čekal

Po průzkumu okolí rybníka Čekal bylo na první pohled vidět silné znečištění vody. Průhlednost i tak byla 15 – 20 centimetrů. Plocha, kterou rybník zaujímá je 1,1 hektaru. Voda je bez znatelného zápachu. Hráz rybníka je tvořena zeminou. Její návodní strana je zpevněna kořenovým systémem okolní rostoucí vegetace. Návětrná strana je opevněna kameny a je dlouhá pět metrů. První úsek Lišovského potoka je v bezprostřední blízkosti prameniště velmi hustě zarostlý.

Horní rybník

V Horním rybníce je na hladině silný zákal. Zápach ale není patrný. Průhlednost vody je zde 30 – 40 centimetrů. Plocha, kterou zaujímá menší část rybníka je 0,6 hektaru.

Větší část Horního rybníka zaujímá plochu 1,8 hektaru. Břehy jsou čisté.

Čížkovský rybník

Při místním šetření bylo na první pohled patrné silné znečištění. Povrchový kal tvoří převážně pylový prášek z okolní vegetace, který se usazuje u břehů. Zákal jílovými částicemi není patrný. Plocha, kterou rybník zaujímá, je 0,35 hektaru. Jedná se tedy o nejmenší průtočnou nádrž v řešeném území. Voda je odváděna z nádrže skrze primitivní požerák pod hráz, kde opět vytéká Lišovský potok. Průhlednost je zde nízká. Pohybuje se mezi 5 – 10 centimetry. Litorální pásmo je přibližně 1 metr asi po polovině obvodu nádrže. Je zde také cítit mírný zápach rybiny.

Dolní rybník u Lišova

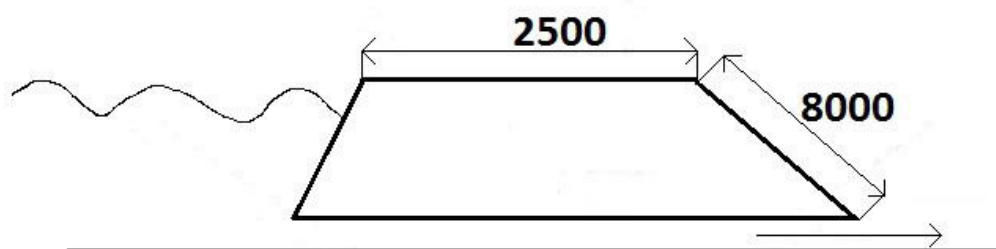
Podle terénního průzkumu mohu konstatovat, že okolí rybníka je velice čisté a esteticky krásné. Dolní rybník u Lišova zaujímá plochu 5,7 hektaru a je tak největší vodní plochou v celém povodí. Barva vody má přírodní zákal. Průhlednost je zde mezi 15 -20 centimetry. V okolí není cítit žádný specifický ani jinak nepříjemný zápach. Na hladině je podél břehů mírný zákal tvořený pylem z okolní bohaté vegetace. Břehy i hráz jsou přírodně zpevněny kořeny okolních vrb jív (*Salix caprea* L.) i bylin. Na rybníce není patrna žádná technická úprava.

Rybník Pařezák

Podle terénního průzkumu je dříve chovný rybník Pařezák neudržován. Zaujímá plochu přibližně jednoho hektaru ale z více než poloviny je zarostlý vysokým a hustým rákosem obecným (*Phragmites australis*). Na zbytku plochy je utvořena tlustá vrstva vodního květu. V současnosti je velice znečištěný. Voda je zatím bez zápachu. Pro odvod vody je zde primitivní požerák ve formě půlkruhové železné trubky o průměru 20 centimetrů. Jsou zde patrné i známky antropogenního znečištění. Při šetření bylo zjištěno několik nelegálních skládek plných hliníkových plechovek a skleněných láhví. Půlka hráze rybníka zcela chybí, a jelikož se hned pod ním nachází proláklina, mohlo by dojít při nepatrném zvýšení vodní hladiny k rozlivu a zvětšení vodní plochy o dalšího půl hektaru. To uvádím, jelikož jsou zde velké pochybnosti o stálé funkčnosti přítomného požeráku, který by v těchto případech reguloval hladinu vody. Průhlednost vody je v tomto rybníce naprosto nulová.

Nový rybník u Lišova

Nový rybník u Lišova je z jedné třetiny zarostlý hustým porostem rákosu obecného (*Phragmites australis*). Zaujímá plochu 2,3 hektaru. Oblast přítoku je silně podmáčena, a proto se zde vyskytují mokřady o zhruba 1,5 hektarech plochy. Na břehu rybníka je v jednotlivých místech široké litorální pásmo tvořené převážně vodními rostlinami. Průhlednost vody je nízká, jen do 10 centimetrů. Je zde patrna přítomnost velkého množství ryb a také vodoměrek, což svědčí o dobré kvalitě a čistotě vody. Okolí rybníka je bez jakéhokoliv zápachu. Břehy jsou zpevněny mělkými kořenovými systémy okolní vegetace, bylin i keřových porostů. Je zde vybudován i bezpečnostní přepad na okraji hráze. Za tímto přepadem je naskládáno kamenivo, které zpomaluje případný odtok a tlumí tak proud vody, která by jinak mohla v tomto místě svou silou celou hráz podemlít.



Obr. č. 14 – Příčný řez hrází Nového rybníka u Lišova

6.6 Průzkum erozního ohrožení zemědělsky využívaných pozemků v povodí

Po provedení všech výpočtů hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C byla tato hodnota stanovena na 0,232. Po dosazení do Wischmeier-Smithovy rovnice jsem dospěl k těmto výsledkům.

1. Svah

$$20 \cdot 0,44 \cdot 6,39 \cdot 0,35 \cdot 0,232 \cdot 1 = \mathbf{4,566 \text{ t/ha/rok}}$$

Tato hodnota je pro středně hluboké půdy vysoká, proto je zde nutný návrh nějakého protierozního opatření.

Jako protierozní opatření navrhuji spíše některé z organizačních opatření než nějaké technické opatření. Mezi organizační opatření patří například návrh velikosti a tvaru pozemků. Jednotlivé pozemky by od sebe mohly být odděleny pomocí zatravněného pásu vedeného po vrstevnici a tím by došlo k přerušení svahu a snížení hodnot faktoru délky svahu L.

2. Svah

$$20 \cdot 0,44 \cdot 7,39 \cdot 0,26 \cdot 0,232 \cdot 1 = \mathbf{3,923} \text{ t/ha/rok}$$

3. Svah

$$20 \cdot 0,44 \cdot 5,62 \cdot 0,26 \cdot 0,232 \cdot 1 = \mathbf{2,983} \text{ t/ha/rok}$$

4. Svah

$$20 \cdot 0,44 \cdot 6,04 \cdot 0,18 \cdot 0,232 \cdot 1 = \mathbf{2,219} \text{ t/ha/rok}$$

5. Svah

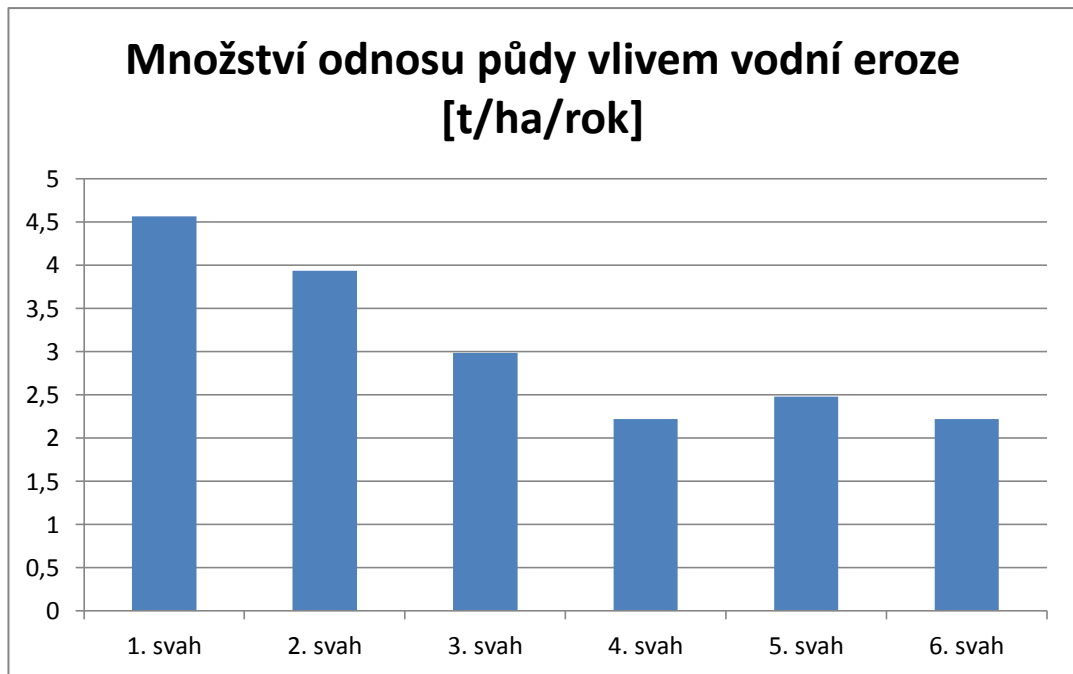
$$20 \cdot 0,44 \cdot 6,75 \cdot 0,18 \cdot 0,232 \cdot 1 = \mathbf{2,48} \text{ t/ha/rok}$$

6. Svah

$$20 \cdot 0,44 \cdot 6,04 \cdot 0,18 \cdot 0,232 \cdot 1 = \mathbf{2,219} \text{ t/ha/rok}$$

U svahů 2 - 6 je odnos půdy z pozemků nižší než 4 t/ha/rok, a proto není potřeba na těchto pozemcích navrhovat žádná protierozní opatření.

Pro lepší představu výše jednotlivých odnosů půdy ze zkoumaných svahů jsou všechny hodnoty vyneseny do grafu (graf č. 2).



Graf č. 2 – odnos půdy vlivem vodní eroze na sledovaných svazích

Fitschová (2010) ve své diplomové práci na téma zhodnocení komplexních pozemkových úprav v jihočeském kraji z hlediska ochrany vod uvádí, že při nízkém překročení limitů smyvu půdy z pozemků lze provést protierozní opatření pouze zatravnovacími pásy, což navrhuji i v této práci.

Alternativním návrhem na snížení erozní ohroženosti 1. sledovaného svahu by mohla být výsadba a vytvoření lesních porostů v horní části svahu a případně celý tento krok doplnit o zatravnění ve spodní části svahu pásem trvalých travních porostů. Při takovémto řešení by došlo opět ke zkrácení celkové délky svahu.

6.7 Zhodnocení možného povodňového rizika

Podle jednotlivých metod hodnocení míry povodňového rizika se za současných průtokových hodnot nejedná o žádné povodňové riziko. Nesmíme se ale nechat tímto výsledkem ukolébat, jelikož veškerá měření průtokových rychlostí byla prováděna ve velmi suchém roce. Předcházející zimní období nepřineslo ve sledované oblasti téměř žádnou sněhovou pokrývku, a proto nedocházelo k vyššímu proudění a zvýšení hladin sledovaných nádrží. Je nutné ovšem konstatovat, že za normálních okolností by při zvýšeném průtoku mohlo dojít k povodni velkého rozsahu i na tomto toku. Jelikož první část toku od prameniště je ve vyšší nadmořské výšce, než je většina staveb ve městě, mohlo by lehce dojít k jejich zatopení a to by

sebou neslo četné škody na majetku a bylo by tak ohroženo i mnoho lidských životů. V této části je proto koryto toku napřímáno z důvodu rychlého odvodu povodňové vlny pryč ze zastavěné oblasti, aby bylo toto riziko minimální. Z tohoto důvodu není dobré při revitalizačních pracích usilovat o prodloužení trasy koryta. Při vybudování retenční nádrže nebo meandrů by mohlo snadno dojít k rozlivu.

Holubová (2011) ve své bakalářské práci na téma možnosti a způsoby povodňové ochrany měst a obcí uvádí jako přirozenou protipovodňovou ochranu, které lze pomocí revitalizačních prací dosáhnout rozliv v nivě. Dále uvádí možnost vybudování obchvatového koryta, které by odvedlo povodňovou vlnu mimo zastavěná území. Vzhledem k poloze města Lišov by byly tato opatření velice nákladná a také by mohla zapříčinit nízký vodní stav na Lišovském potoce.

6.8 Návrh na celkovou revitalizaci povodí

1. Úsek

V 1. úseku Lišovského potoka navrhuji jako hlavní revitalizační zásah vyčištění koryta od nánosů a menší zahloubení v některých místech. Změnu trasy ani její rozvlnění zásadně nedoporučuji, jelikož se tento úsek nachází ve vyšší poloze než většina města Lisov a při větším průtoku by mohlo dojít k rozlivu vody a následnému zaplavení části města. Prioritou je zajistit rychlý a bezproblémový odtok vody do nižších poloh toku. V těsné blízkosti města je koryto ve velmi špatném stavu a první obytné domy se nacházejí v jeho bezprostřední blízkosti, a proto by mohly být zasaženy povodňovou vlnou v případě větších srážek. Zejména sklepy těchto domů by mohly být velkou vodou ohroženy a došlo by tak k nemalým škodám na majetku obyvatel. Případná výsadba doprovodných dřevin, které by plnily zpevňovací funkci je v tomto úseku také možná. Pozitivem je, že okolí prvních desítek metrů toku od pramene je zarostlých smíšenou vegetací, která tak tvoří retenční funkci a zpomaluje tak rychlost odtoku do dále do města.

Holubová (2011) ve své bakalářské práci na téma možnosti a způsoby povodňové ochrany měst a obcí uvádí jako jeden z protipovodňových prvků využití postranních poldrů. Vzhledem k tomu, že se v tomto úseku nachází několik vodorovných ploch jen několik metrů od Lišovského potoka, bylo by možné použití takového protipovodňového opatření právě v těchto místech.

2. Úsek

Začátek druhého úseku, který se nachází, stejně jako první sledovaný úsek nad úrovní města nedoporučuji nijak upravovat a to také z důvodu možného rozlivu mimo koryto. V místě, kde voda opouští podzemní betonové skruže, je potřeba koryto značně vyhloubit a znatelně zpevnit jeho břehy. Zde tvoří také protipovodňovou funkci retenční nádrž Čížkovský rybník.

3. Úsek

Jelikož je v tomto úseku celé koryto vyloženo betonovými deskami, je zde velká průtoková rychlost. K jejímu snížení doporučuji odstranění těchto betonových desek z břehů i dna toku. Pro lepší efektivitu a větší zpomalení průtoku je dobré celou úpravu koryta doplnit o revitalizační prvky jako jsou kamenné pásy, případně usměrňovače proudu. Odstraněním betonových desek se také o něco zvýší objem koryta a bude tak schopno pojmout větší množství protékající vody. V místě tohoto úseku, kde protéká potok skrze soukromé pozemky, bych odstranění betonových desek nedoporučoval, jelikož obytné domy se na těchto pozemcích nalézají v těsné blízkosti potoka a mohlo by tak dojít vlivem odstranění těchto zpevňujících prvků k ohrožení statiky celé konstrukce. V tomto úseku je také možné rozvlnění části toku pro podporu celkové retenční schopnosti okolní krajiny. V neposlední řadě navrhuji celkové vyčištění tohoto úseku, jelikož je koryto v těchto místech zaneseno několika kameny a dalšími nečistotami, které brání průtoku vody.

Šlezinger (2005) ve své publikaci Stabilizace říčních ekosystémů uvádí, že opevnění břehů a dna betonovými deskami se provádí především kvůli ochranné a zpevňující funkci především v intravilánu v blízkosti obytných domů. Stejně jako navrhuji já v této práci, doporučuje v rámci revitalizací toku úplné odstranění tohoto opevnění, které se nachází mimo intravilán a navrhuje jej nahradit opevněním přírodě bližšímu, jako je výsadba břehových porostů.

4. Úsek

Tento úsek se nachází již pod úrovní všech obytných staveb města Lišov, a proto je zde vhodné rozvlnění toku. Na začátku tohoto úseku je koryto také vyztuženo betonovými deskami, které by měly být také odstraněny. Celé koryto by v tomto úseku mělo být zpevněno kořeny nově založených břehových porostů. Jako vhodné porosty doporučuji rychle rostoucí dřeviny. Potřebná je také úprava okolí

toku, jelikož v několika místech se vyskytují podél toku husté a vysoké porosty rákosu obecného (*Phragmites australis*), který se pod vlivem vlastní váhy ohýbá nad koryto a zastiňuje tak protékající vodu. I přes to, že je v tomto úseku koryto přírodní, není zde z tohoto důvodu přístup slunečních paprsků, a proto zde nemohou růst žádné vodní rostliny, jelikož by nebyly v tomto místě ani schopny provádět fotosyntézu. Dále by měla být na tomto úseku provedena výstavba rybích přechodů, aby byla umožněna migrace vodních živočichů mezi Dolním, Novým rybníkem u Lišova a mezi rybníkem Pařezák.

Okrouhlý (2013) ve své bakalářské práci na téma Revitalizace drobných vodních toků a malých vodních nádrží uvádí jako další mimoprodukční funkci břehových porostů podél toku jako zábrany proti vstupu zvířat z okolních pastvin do toku. Na sledovaném území jsou ale všechny plochy využívány jako zemědělská půda a louky neslouží v této oblasti k pasení dobytka. Z tohoto důvodu není v této práci nutné konstatování této mimoprodukční funkce.

Rybník Čekal

Tento rybník je zarostlý vysokým rákosem obecným (*Phragmites australis*) a tak je celá vodní plocha opticky zmenšena. Jelikož jsou tyto porosty velmi husté a brání přístupu světla k vodní hladině, navrhuji jejich úplné odstranění z celé plochy. V místě prameniště Lišovského potoka navrhuji použít jako revitalizační opatření kamenitý skluz, aby se omezila destrukce dna hned na začátku celého toku. Dále je potřeba toto místo vyčistit od nánosů a nečistot, které brání samovolnému průtoku a mohou zapříčinit nízký vodní stav v celém potoce. Je nutná také důkladná stabilizace koryta a jeho zpevnění břehovými porosty s hustým kořenovým systémem.

Wolfová (2010) ve své bakalářské práci na téma Drobné stojaté vody jako výsledek revitalizačních opatření také uvádí, že odbahnění dna rybníka má velmi pozitivní vliv také na podporu biodiverzity v rybníce i jeho okolí.

Horní rybník

Tento rybník má celou hráz a břehy vyztužené kamenivem kvůli bezpečnosti, aby nedošlo k protržení hráze a ohrožení okolních obytných domů. Navrhuji pouze pravidelné odstraňování nánosů nečistot, které jsou na hladině tohoto rybníka.

Čížkovský rybník

Tato retenční nádrž má svou hráz v dobrém technickém stavu. Navrhuji ale odstranění rákosových porostů, které brání přístupu slunečního záření k vodní hladině. Dále je nutné provést kompletní odbahnění celého rybníka, jelikož se nachází v proláclině, kam jsou splachy z polí transportovány půdní částice a zanáší tak celou nádrž. Tímto zanášením se snižuje její retenční kapacita a mohlo by dojít k náhlému protržení hráze. Dále navrhuji provést důkladnou údržbu požeráku.

Dolní rybník u Lišova

Tento rybník je ve velice dobrém stavu. Hráz, břehové porosty i čistota vody jsou velmi dobré. Zde není nutný žádný revitalizační zásah.

Rybník Pařezák

Tento rybník nacházející se uprostřed lesa, je v nejhorším stavu ze všech vodních ploch v povodí. Pro jeho revitalizaci je nutné odstranit veškeré známky antropogenního znečištění. Dále je nutná úprava břehů a rekonstrukce hráze aby nedošlo k rozlivu. Samozřejmostí je i odstranění celého rákosového porostu, který vyrůstá z vodního dna a zastiňuje tak většinu vodní plochy. Dřevěný a nefunkční požerák si také vyžaduje svou rekonstrukci. V tomto případě navrhuji výstavbu zcela nového a modernějšího požeráku a navrácení jeho funkčnosti.

Také Bláhová (2010) ve své disertační práci na téma Hladiny a rizika významných cyanobakteriálních toxinů v prostředí uvádí, že vodní květ je velmi dobrým prostředím pro celou řadu nebezpečných bakterií, což ohrožuje také kvalitu vody.

Nový rybník u Lišova

Nový rybník u Lišova je již z minulosti opatřen revitalizačními prvky. Zejména je to zpevněná hráz a vybudovaný bezpečnostní přeliv s navezeným kamenivem, které na návětrné straně hráze tlumí kinetickou energii přepadající vody. Bylo by ovšem nutné odstranit veškeré antropogenní znečištění, které se nachází v jeho blízkosti.

Okrouhlý (2013) ve své bakalářské práci na téma Revitalizace drobných vodních toků a malých vodních nádrží také konstatuje, že opatření rybníka

bezpečnostním přelivem je důležitým a účelným revitalizačním opatřením. S tímto tvrzením mohu jen souhlasit i v případě mnou řešeného povodí.

6.9 Zhodnocení možností financování a realizovatelnosti revitalizační akce

Celá revitalizační akce může být financována z Programu obnovy přirozených funkcí krajiny (POPFK). Veškeré navrhované revitalizační zásahy jsou v souladu se splněním podmínek pro poskytnutí finančních prostředků z tohoto programu.

Podle schváleného rozpočtu města Lišov pro rok 2014 je možno také financovat revitalizační práce z městské kasy. V tomto rozpočtu je pro tyto účely vymezeno 50 000,- na vodní díla v zemědělské krajině, 15 000,- na ostatní záležitosti vodního hospodářství, 50 000,- na protierozní ochranu zemědělské půdy a 200 000,- na protipovodňová opatření. Celkem má tedy město k dispozici na provedení této revitalizační akce částku 315 000,-.

V případě zájmu o provedení těchto revitalizačních zásahů je možné ve výběrovém řízení oslovit několik firem, které se touto činností zabývají.

Fuchs (2012) uvádí ve svém článku analýza dotačních příležitostí pro žadatele z řad obcí jako další alternativní zdroje pro získání finančních prostředků k realizování revitalizační akce operační program životní prostředí, program prevence před povodněmi a dále možnost čerpání finančních prostředků z regionálních, či integrovaných operačních programů.

7. Závěr

Na závěr je třeba konstatovat několik skutečností. Podle provedeného výzkumu a výpočtů na základě terénního průzkumu a měření vyplývá z této diplomové práce jednoznačná vhodnost celého povodí Lišovského potoka k celkové revitalizaci. Některé úseky jsou doslova v alarmujícím stavu stejně jako některé vodní plochy. Pozornost by měla být věnována především rybníku Pařezák. Dále by měla být v co nejkratší době provedena revitalizace celé pramenné oblasti toku. I z příložených fotografií ve fotodokumentaci vyplývá toto tvrzení. Neznamena to ale, že ostatním úsekům by měla být věnována nižší pozornost.

Erozní ohrožení svahů v povodí je za současných podmínek malé, až na jednu výjimku, na kterou je také ve výsledcích upozorněno společně s návrhem na odstranění.

Protipovodňové opatření je důležité provést hlavně v horních částech toku a také v blízkosti všech obytných domů. Za tímto účelem je také nutné podpořit retenční schopnost krajiny právě v okolí této části toku.

Financování celé revitalizační akce je možné provést z městského rozpočtu nebo z některého z operačních a podpůrných programů, které poskytují finanční prostředky právě na tyto účely.

Mezi významné výsledky této práce patří vyhodnocení vodní eroze a především návrh postupu revitalizace.

Přehled použité literatury a zdrojů

[1] BLÁHOVÁ L. (2010): Hladiny a rizika významných cyanobakteriálních toxinů v prostředí. [Dizertační práce] Brno, 97 s. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.

[2] BOUCEK J. (2007): August 2002 Catastrophic flood in the Czech Republic. In: VASILIEV O. F., GELDER van P.H.A.J.M., PLATE E. J., BOGOLOV M.V. :Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security. Dordrecht, Springer, s. 59 - 68. ISBN 978-1-4020-5740-3

[3] ČAMROVÁ L., JÍLKOVÁ J. (2006): Povodňové škody a nástroje k jejich snížení. Praha, Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP), 420 s. ISBN 80-86684-35-0

Dostupné z WWW:

<http://www.ieep.cz/editor/assets/publikace/pdf/pub036.pdf>

Staženo dne 29.1.2014

[4] DAVIE T. (2008): Fundamentals of hydrology. Oxon: Routledge, 200 s. ISBN 976-0-415-39987-6

[5] EHRLICH P., ZUNA J., NOVÁK L., ŠLECHTA V., KŘOVÁK F., KONVIČKOVÁ M. (1994): Revitalizační úpravy potoků: objekty. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 80 s.

[6] FENGLER G., LUTZ-AREND MEYER-REIL, KÖSTER M. (2007): Hydrodynamics. In: WESTRICH B., FÖRSTNER U. (Eds.). Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. Hamburg, Germany, Springer, s. 107 – 116. ISBN 978-3-540-34782-8

[7] FUCHS J. (2012): Analýza dotačních příležitostí pro žadatele z řad obcí v roce 2012. Cyrrus advisory, 3 s.

Dostupné z WWW:

<http://www.dotacni.info/wp-content/plugins/post2pdf-converter/post2pdf-converter-pdf-maker.php?id=2585>

Staženo dne: 7.4.2014

- [8] FOKKENS B. (2007): Room for the River Rhine. In: VASILIEV O. F., GELDER van P.H.A.J.M., PLATE E. J., BOGOLOV M.V. :Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security. Dordrecht, Springer, s. 337 - 352. ISBN 978-1-4020-5740-3
- [9] FRIESE K., SCHWARTZ R., KRÜGER F. (2007): Transport and Storage of River Sediment and Associated Trace Metals into Floodplains of the Elbe. In: WESTRICH B., FÖRSTNER U. (Eds.). Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. Hamburg, Germany, Springer, s. 287 – 296. ISBN 978-3-540-34782-8
- [10] FRITSCHOVÁ H. (2010): Zhodnocení KPÚ v jihočeském kraji z hlediska ochrany vod. [Diplomová práce]. České Budějovice, 87 s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra krajinného managementu.
- [11] GERGEL J., BENEŠOVÁ J., BŘEZINA K. B., EHRLICH P. (1999): Revitalizace drobných vodních toků: Metodická pomůcka. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 80 s. ISSN 1210-1672
- [12] HOLUBOVÁ D. (2011): Možnosti a způsoby povodňové ochrany měst a obcí. [Bakalářská práce]. České Budějovice, 78 s. Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta.
- [13] HUBERT P., TCHIGUIRINSKAIA I., SCHERTZER D., BENDJOUDI H., LOVEJOY S. (2007): Predetermination of Floods. In: VASILIEV O. F., GELDER van P.H.A.J.M., PLATE E. J., BOGOLOV M.V. :Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security. Dordrecht, Springer, s. 185 - 198. ISBN 978-1-4020-5740-3
- [14] JŮVA K. (1957): Odvodňování půdy. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 521 s.
- [15] JŮVA K., HRABAL A., TLAPÁK V. (1977): Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 180 s.
- [16] JŮVA K., HRABAL A., TLAPÁK V. (1984): Malé vodní toky. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 256 s.
- [17] JUST T., MATOUŠEK V., DUŠEK M., FISCHER D., KARLÍK P. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha, Český svaz ochránců přírody, 359 s. ISBN 80-239-6351-1

[18] JUST T. (2009): Revitalizace, renaturace a ekologicky zaměřená správa vodních toků. Ochrana přírody, 63: 8-11

Dostupné z WWW:

<http://www.casopis.ochranaprirody.cz/res/data/007/000963.pdf>

Staženo dne 22.1.2014

[19] KIRSCH J., BURANDO P., MOLNÁR P., HINZ E. (2007): Catchment Modeling. In: WESTRICH B., FÖRSTNER U. (Eds.). Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. Hamburg, Germany, Springer, s. 186 – 206. ISBN 978-3-540-34782-8

[20] KINICKÝ J., KOVAŘÍKOVÁ D., KREJČÍ L., KREJČÍ M., PLACKOVÁ R. (2012): Revitalizace povodí Písečné a řeky Moravy u Štěpánova. Hlubočky, Unie pro řeku Moravu ve spolupráci s projekční vodohospodářskou firmou ATELIER FONETS, s.r.o., 40 s.

Dostupné z WWW:

http://www.uprm.cz/data/docs/pismor_studie_na_web/pismor-web.pdf

Staženo dne 30.1.2014

[21] LARSEN O., DAVIDSON W., VAMVAKOPOULOS K., MØHLENBERG F. (2007): Fine Sediment Particles. In: WESTRICH B., FÖRSTNER U. (Eds.). Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. Hamburg, Germany, Springer, s. 305 – 317. ISBN 978-3-540-34782-8

[22] MALÝ J., MALÁ J. (1996): Chemie a technologie vody. Brno, NOEL 2000 s.r.o, 200 s. ISBN 80-86020-13-4

[23] NOVOTNÁ D. (1996): Technické a administrativní zajištění programu revitalizace říčních systémů. In: SKÁČEL A. Koncepce řešení revitalizace středně velkého povodí na příkladu řeky Bílovky. Ostrava, Spisy prací přírodovědecké fakulty ostravské univerzity č. 114, 99 s. ISBN 80-7042-764-7

[24] OKROUHLÝ R. (2013): Revitalizace drobných vodních toků a malých vodních nádrží. [Bakalářská práce]. České Budějovice, 69 s. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod.

[25] PILARCZYK K. W. (2007): Flood Protection and Management in the Netherlands. In: VASILIEV O. F., GELDER van P.H.A.J.M., PLATE E. J., BOGOLOV M.V. :Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security. Dordrecht, Springer, s. 385 - 407. ISBN 978-1-4020-5740-3

[26] SKÁCEL A. (1998): Koncepce řešení revitalizace středně velkého povodí na příkladu řeky Bílovky. Ostrava, Spisy prací přírodovědecké fakulty ostravské univerzity č. 114, 99 s. ISBN 80-7042-764-7

[27] SKLENIČKA P. (2003): Základy krajinného plánování. Praha, Naděžda Skleničková, 321 s. ISBN 80-903206-1-9

[28] SYMADER W., BIERL R., KURTENBACH A., KREIN A. (2007): Transport Indicators. In: WESTRICH B., FÖRSTNER U. (Eds.). Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. Hamburg, Germany, Springer, s. 269 – 279. ISBN 978-3-540-34782-8

[29] ŠLEZINGR M. (2005): Stabilizace říčních ekosystémů. Brno, Akademické nakladatelství CERM, 354 s. ISBN 80-7204-403-6

Dostupné na WWW:

http://www.viktorio.net/old/skola/stabilizace_ricnich_ekosystemu.pdf

Staženo dne 1.4.2014

[30] ŠTĚRBA O., MĚKOTOVÁ J., BEDNÁŘ V., ŠARAPATKA B., RYCHNOVSKÁ M., KUBÍČEK F., ŘEHOŘEK V. (2008): Říční krajina a její ekosystémy. Olomouc, Univerzita Palackého, 391 s. ISBN 978-80-244-2203-9

[31] TLAPÁK V., ŠÁLEK J., LEGÁT V. (1992): Voda v zemědělské krajině. Praha, Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR, 320 s. ISBN 80-209-0232-5

[32] UHLÍŘOVÁ J., MAZÍN V., PRAŽAN J., KOUTNÁ K. (2005): Metodika studie širších územních vazeb ochrany půdy a vody v komplexních pozemkových úpravách. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 30 s. ISBN 80-239-4845-8

[33] VRÁNA K., DOSTÁL T., GERGEL J., KENTER J., ZUNA J. (2004): Revitalizace malých vodních toků - součást péče o krajinu. Praha, Pro Ministerstvo životního prostředí vydal Consult, 60 s. ISBN 80-902132-9-4

[34] VAN DER VEEN A., BABOROWSKI M., KRAFT C., KRAFT J., MAGES M., ÓVÁRI M., VON TÜMPLING W. (2007): Dynamics of Heavy Metals and Arsenic – Hungarian Tisza River Sediments after Mining Spills in the Catchment Area. In: WESTRICH B., FÖRSTNER U. (Eds.). Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. Hamburg, Germany, Springer, s. 335 – 342. ISBN 978-3-540-34782-8

[35] VOLAUFOVÁ L. (2009): Kvalita povrchových vod v České republice a její vývoj. Praha, CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 5 s.

Dostupné z WWW:

[http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFT33PSN/\\$FILE/vody.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFT33PSN/$FILE/vody.pdf)

Staženo dne 29.1.2014

[36] WESTRICH B. (2007): Managing River Sediments. In: WESTRICH B., FÖRSTNER U. (Eds.). Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. Hamburg, Germany, Springer, s. 35 – 49. ISBN 978-3-540-34782-8

[37] WOLFOVÁ M. (2010): Drobné stojaté vody jako výsledek revitalizačních opatření. [Bakalářská práce] Olomouc, 82 s. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.

[36] Dokumentace Programu na podporu obnovy přirozených funkcí krajiny (2009)

Dostupné na WWW:

<http://www.dotace.nature.cz/res/data/002/000352.pdf>

Staženo dne 30.3.2014

[37] Návrh Územního plánu města Lišov vypracovaný v květnu 2013

Dostupné z WWW:

http://skolycb.cz/Lists/edn%20deska/Attachments/11677/Navrh_zadani_textova_cast.pdf

Staženo dne 15.2.2014

[38] Rozpočet města Lišov na rok 2014

Dostupné z WWW:

<http://www.lisov.cz/images/Kultura/rozpoet%202014.pdf>

Staženo dne 30.3.2014

[39] Historie a charakteristika města Lišov

Dostupné z WWW:

http://www.lisov.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=159

Staženo dne 30.3.2014

Obrázky

Obr. č. 1 – Schéma kamenného pásu.

GERGEL J., BENEŠOVÁ J., BŘEZINA K. B., EHRLICH P., 1999, str. 21.

Obr. č. 2 – Schéma kamenitého skluzu

GERGEL J., BENEŠOVÁ J., BŘEZINA K. B., EHRLICH P., 1999, str. 25.

Obr. č. 3 – Schéma usměrňovacích výhonů z tyčoviny

GERGEL J., BENEŠOVÁ J., BŘEZINA K. B., EHRLICH P., 1999, str. 35.

Obr. č. 4 – Schéma stabilizačního prahu

GERGEL J., BENEŠOVÁ J., BŘEZINA K. B., EHRLICH P., 1999, str. 44.

Obr. č. 5 – Dřevěný stupeň

GERGEL J., BENEŠOVÁ J., BŘEZINA K. B., EHRLICH P., 1999, str. 61.

Obr. č. 6 – půdní mapa v okolí Lišovského potoka (www.geology.cz)

Ostatní náčrty a schémata byla nakreslena v nástroji Malování pro Windows 7.

Přílohy

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Podélný výškový profil toku

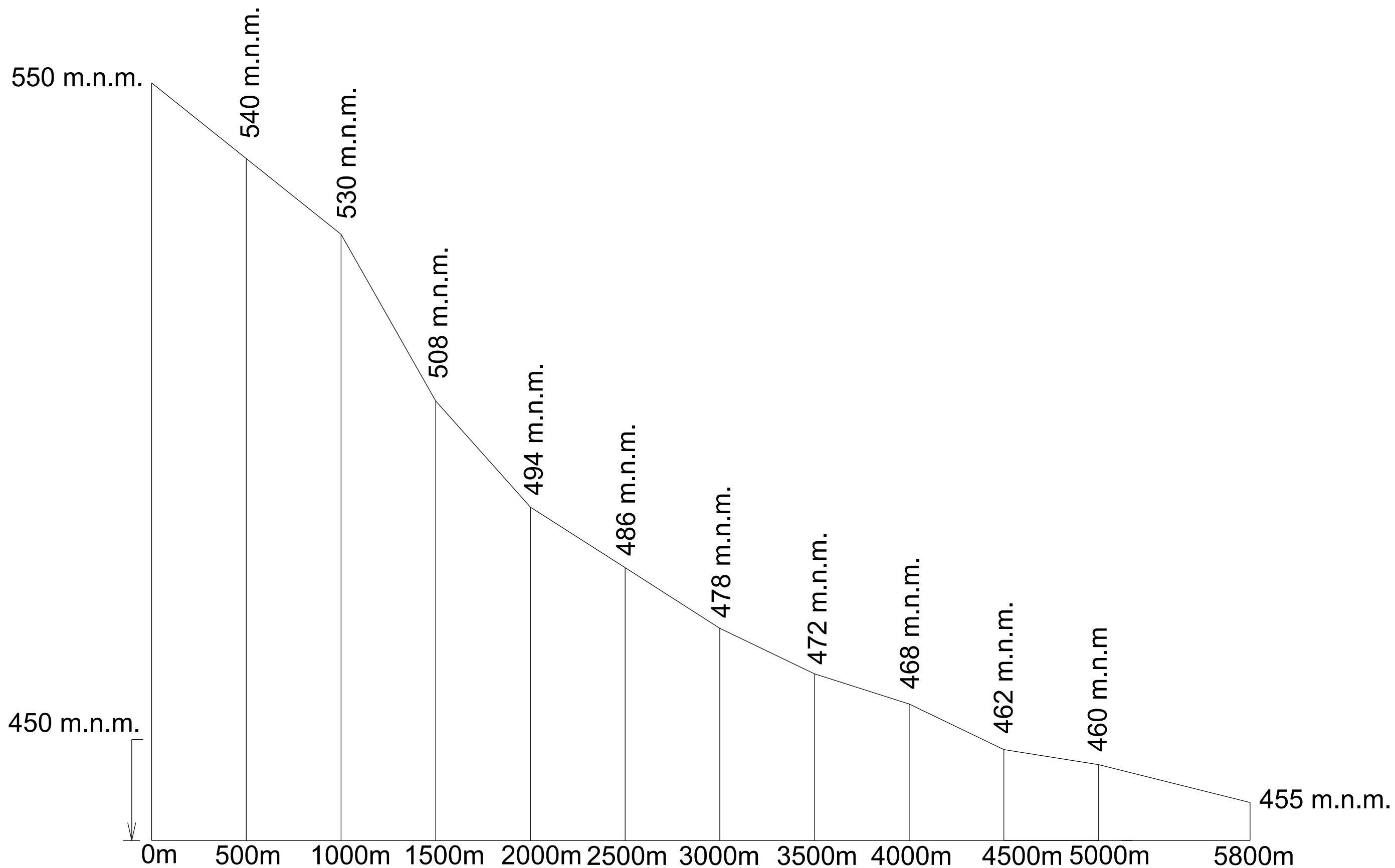
Příloha č. 2 – Fotodokumentace s popisem (veškerá fotodokumentace byla pořízena 27.4.2013)

Příloha č. 3 – Mapa povodí s vyznačenými místy pořízení fotografií

Příloha č. 4 – Mapy s vyznačenými svahy pro výpočet vodní eroze

Příloha č.1 - Podélný profil toku

měřítko: 1:40000/1000



Příloha č. 2 – Fotodokumentace s popisem



Foto č. 1 – Pohled na rybník Čekal z hráze (na druhé straně je vidět zahrádkářská kolonie)



Foto č. 2 – Pohled na zarostlou část rybníka Čekal rákosem obecným (*Phragmites australis*)



Foto č. 3 – Prameniště Lišovského potoka z rybníka Čekal



Foto č. 4 – Stav koryta toku v 1. vymezeném úseku



Foto č. 5 – Neupravené koryto toku ke konci 1. úseku na začátku města Lišov u benzínové stanice



Foto č. 6 – Ústí Lišovského potoka do Horního rybníka



Foto č. 7 – Pohled na Horní rybník z hráze



Foto č. 8 – Česle na Horním rybníce



Foto č. 9 – Pohled na Čížkovský rybník ve 2. sledovaném úseku



Foto č. 10 – Kovový požerák Čížkovského rybníka



Foto č. 11 – Stav koryta Lišovského potoka ve 3. úseku pod soukromými zahradami (foceno směrem ke 2. vymezenému úseku)



Foto č. 12 - Stav koryta Lišovského potoka ve 3. úseku pod soukromými zahradami (foceno směrem k 4. vymezenému úseku)



Foto č. 13 – Pohled na stav koryta Lišovského potoka na začátku 4. úseku



Foto č. 14 – Odvodňovací stoka ve 4. úseku pod městem Lišov



Foto č. 15 – Pohled na zarostlou část Lišovského potoka



Foto č. 16 – Pohled na nejhlubší část Lišovského potoka



Foto č. 17 – Pohled na Dolní rybník u Lišova z hráze



Foto č. 18 – Pohled na neudržovaný rybník Pařezák



Foto č. 19 – Pohled na Nový rybník u Lišova z hráze



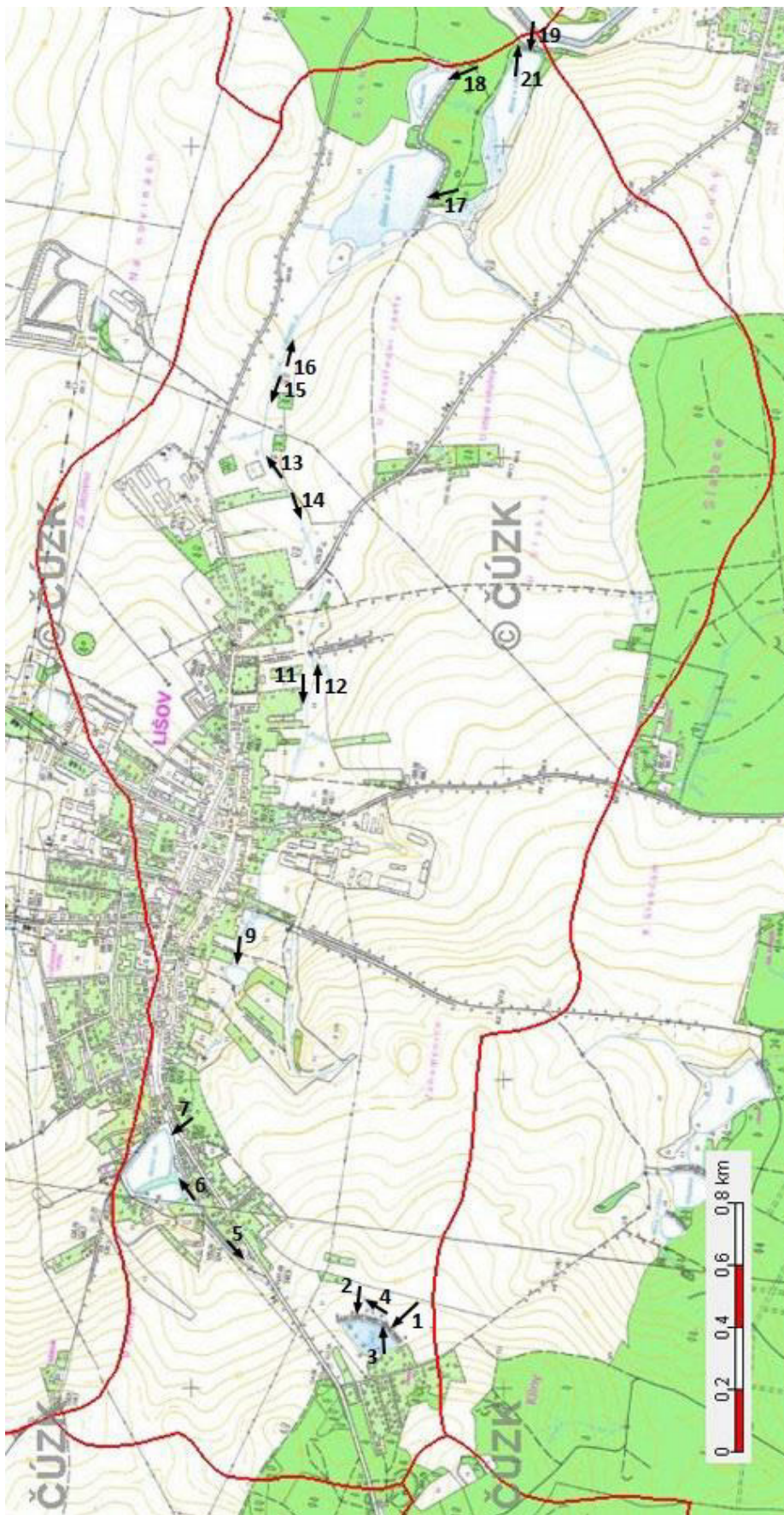
Foto č. 20 – Bezpečnostní přepad na hrázi Nového rybníka u Lišova



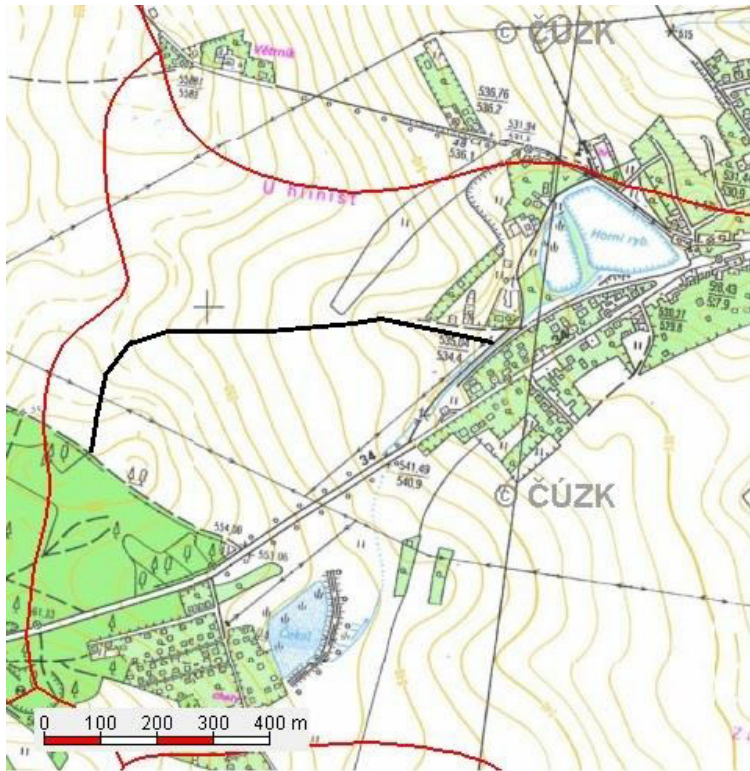
Foto č. 21 – Pohled z hráze Nového rybníka u Lišova, kde se po několik desítkách metrů vlévá Lišovský potok do potoka Miletínského

Veškerá fotodokumentace byla pořízena 25.4.2013

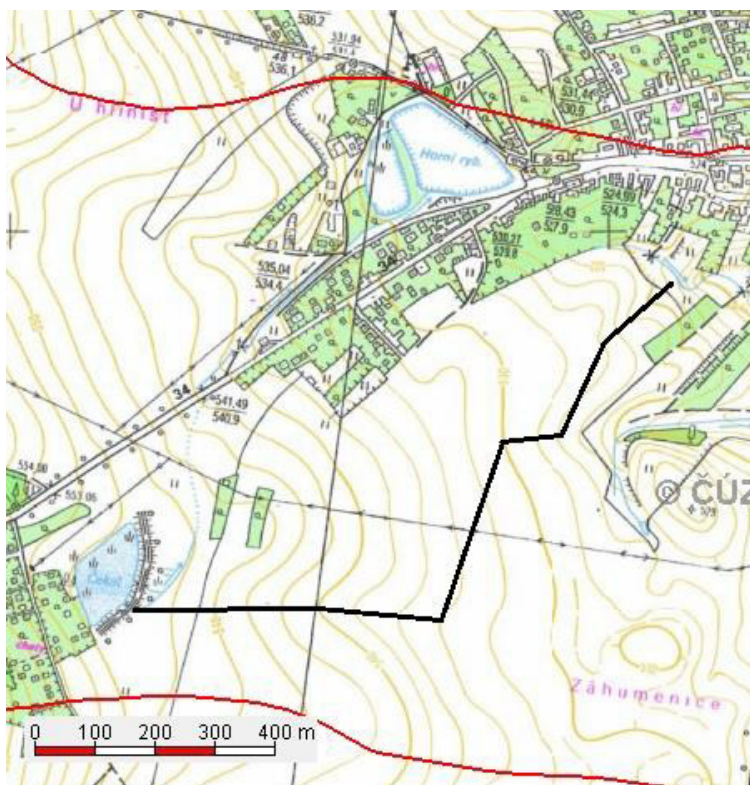
Příloha č. 3 – Mapa povodí s vyznačenými místy pořízení fotografií



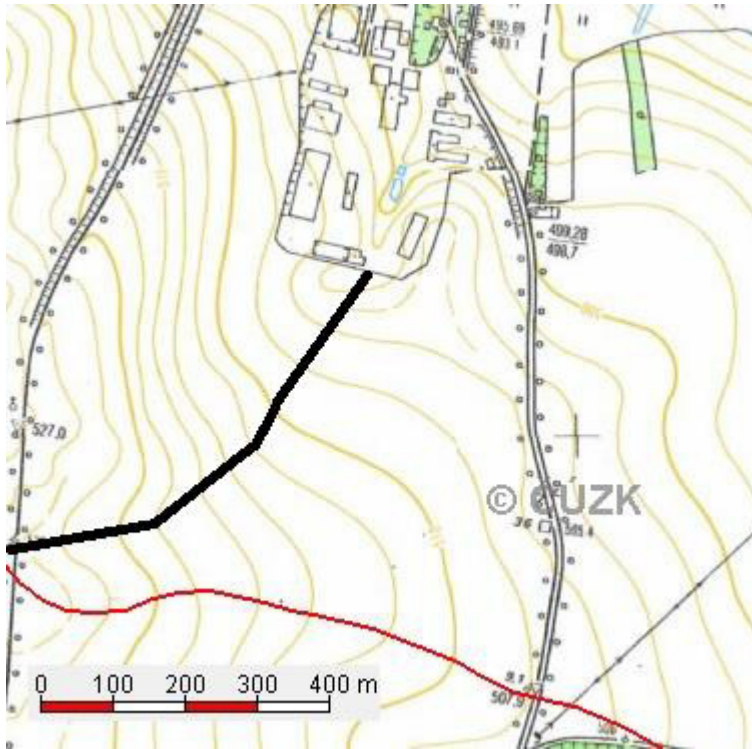
Příloha č. 4 – Mapy s vyznačenými svahy pro výpočet vodní eroze



Obr. č. 15 - 1. svah



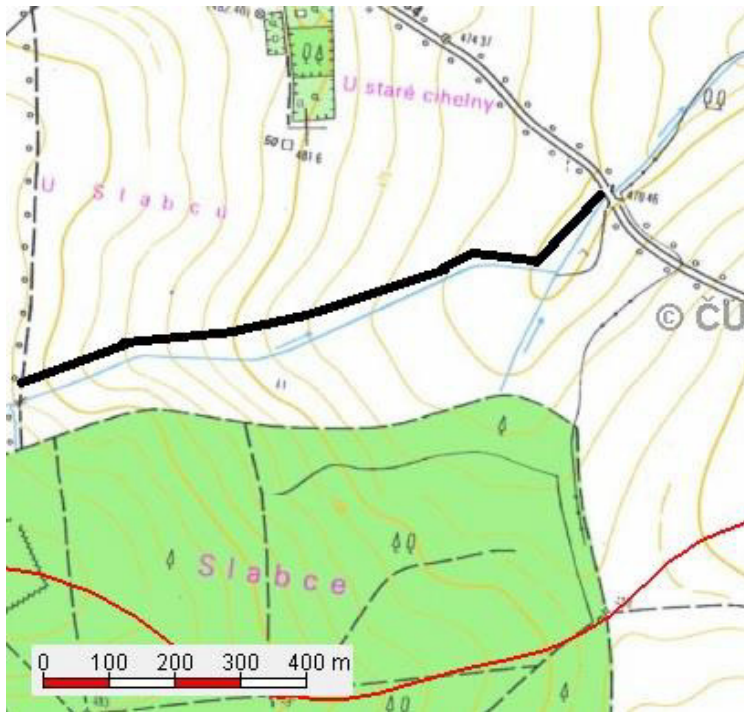
Obr. č. 16 - 2. svah



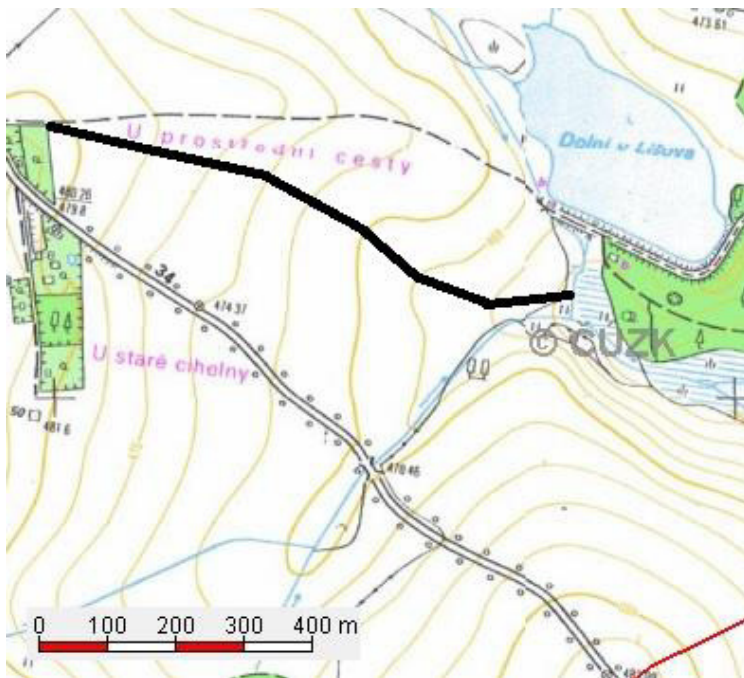
Obr. č. 17 - 3. svah



Obr. č. 18 - 4. svah



Obr. č. 19 - 5. svah



Obr. č. 20 - 6. svah