

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel

Hydromorfologické hodnocení vodních toků a návrh objektů pro zvýšení retence vody v krajině Turnovska

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Martin Sucharda

Diplomant: Bc. Lucie Šteklová

2022 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lucie Šteklová

Regionální environmentální správa

Název práce

Hydromorfologické hodnocení vodních toků a návrh objektů pro zvýšení retence vody v krajině Turnovska

Název anglicky

Hydromorphological evaluation of watercourses and design of objects to increase water retention in the landscape of Turnovsko

Cíle práce

V rámci modelového území Turnovska popsat a vyhodnotit drobné vodní toky kulturní krajiny. Provést podrobné mapování a hydromorfologické hodnocení drobných vodních toků, včetně vybraných periodických koryt. Identifikovat a popsat hlavní negativní jevy, se zaměřením na souvislost s managementem povodí. Popsat jejich vliv na hydromorfologický stav vodních toků. Identifikovat a popsat principy přirozené renaturace a možnosti jejího využití pro management drobných vodních toků v zemědělské krajině.

Metodika

Provedte podrobné terénní mapování vodních toků v rámci modelového území. Pro práci využijte metodiku: „Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodně blízkých opatření“ (MŽP, 2008) a dalších geomorfologických klasifikací a metodik. Nad rámec metodiky identifikujte negativní jevy související s zemědělským využitím povodí a popište je. Identifikujte a popište úseky koryt s přirozenou renaturací. Na základě těchto úseků navrhnete typy opatření využitelné pro zlepšení hydromorfologického stavu drobných vodních toků a sestavte z nich katalog.

Doporučený rozsah práce

50 stran, přílohy ve formě map, výkresů a schémat

Klíčová slova

hydromorfologie, drobný vodní tok, management povodí, renaturace

Doporučené zdroje informací

- Doubravová, J. Homoláčová, J. Groušlová, Metodický návod k provádění pozemkových úprav, Metodika, SPÚČR, Praha 2019
- FRYIRS, K.A. – BRIERLEY, G.J. *Geomorphic analysis of river systems : an approach to reading the landscape.* Chichester, West Sussex, UK ; Hoboken, NJ: Wiley, 2013. ISBN 9781405192743.
- JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika.* Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JUST, T. *Revitalizace vodního prostředí.* Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2003. 144 s. ISBN 8086064727.
- SPÚČR: *Technický standard plánu společných zařízení v pozemkových úpravách,* Praha 2016
- ŠINDLAR, Miloslav. *Geomorfologické procesy vývoje vodních toků. Část I., Typologie korytotvorných procesů.* Vyd. 2. Hradec Králové: Sindlar Group, 2012. 148 s. ISBN 9788025424452.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – F2P

Vedoucí práce

Ing. Martin Sucharda

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2022

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Řečník

V Praze dne 20. 03. 2022

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Hydromorfologické hodnocení vodních toků a návrh objektů pro zvýšení retence vody v krajině Turnovska vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č 121/2000 Sb. O právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským, a i změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Turnově, dne

.....

Bc. Lucie Šteková

ABSTRAKT:

Práce se věnuje podrobnému vyhodnocení vytipovaných reprezentativních úseků drobných vodních toků krajiny Turnovska, dále identifikuje a popisuje renaturační procesy ve vodních tocích.

Je vyhodnocen hydromorfologický stav jednotlivých úseků vodních toků i jejich nivy a vyhodnoceny a klasifikovány projevy renaturace v jednotlivých úsecích. Pro jednotlivé projevy renaturace byly vytvořeny klasifikační škály, nastavené tak, aby umožnily srovnání míry a významnosti projevů. Vliv a význam renaturace ve sledovaných úsecích je dále vztažen k managementu okolí vodních toků, ovlivnění vodního toku množstvím a typem břehových a doprovodných porostů.

Práce srovnává rozsah renaturace v tocích procházejících lesními porosty, v tocích ovlivněných zemědělskou činností či v tocích pod přímým vlivem intravilánu obcí. Největší odklon od stavu přirozené dynamické rovnováhy a potlačení renaturačních procesů je sledován právě u toků v blízkosti intravilánu.

K práci je formou přílohy přiložen katalog hodnocených úseků vodních toků, podrobně popisující hydromorfologický stav hodnoceného úseku, projevy renaturace, půdní podmínky na dané lokalitě a management přilehlého okolí vodního toku, jeho nivy, s ohledem na druh břehových a doprovodných porostů.

Na základě zjištěných projevů renaturace jsou navrženy čtyři objekty podporující renaturaci a zadržení vody v krajině.

KLÍČOVÁ SLOVA: hydromorfologický stav toku, renaturace, doprovodné porosty, management nivy,

ABSTRACT:

This thesis is focusing on a detailed evaluation of some chosen representative sections of small watercourses of the Turnovsko landscape, and furthermore identifying and describing the renaturation process on said watercourses.

The hydromorphological state of the particular sections and their floodplains is evaluated and exhibitions of the renaturation in the sections were evaluated and classified. Classification scales were created for particular exhibitions of renaturation and they were set up so they would enable a comparison of extent and importance of the exhibitions. The influence and significance in those watched sections is further related to the management of the watercourse's surroundings and the influence on the watercourse by type and amount of riparian and accompanying vegetation.

This thesis is comparing the extent of renaturation among watercourses that are passing through forests, watercourses that are influenced by agricultural activity or watercourses that are under direct influence of urban areas. The biggest difference from the state of natural dynamical balance and suppression of renaturation processes is seen in the courses that are in close proximity to the urban areas.

There is a catalog attached to the thesis in a form of an attachment that contains the evaluated sections of the watercourses and that is closely describing the hydromorphological state of said section, the exhibitions of renaturation, the soil conditions in a designated location, and a management of close proximity of the watercourse, its floodplain, with regard to the type of riparian and accompanying vegetation.

Based on the detected exhibitions of renaturation there are four objects designed that would support renaturation and retaining water in the landscape.

KEYWORDS: hydromorphological state of the watercourse, renaturation, accompanying vegetation, management of the floodplain.

Poděkování:

Děkuji Ing. Martinu Suchardovi za odborné vedení a věcné rady. Své rodině děkuji za trpělivost.

V Turnově, dne

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Cíle DP	5
3	Literární rešerše	6
3.1	Pojem hydromorfologie	6
3.2	Zakotvení hydromorfologie v právních systémech EU a ČR	6
3.3	Fluviální morfologie (s důrazem na meandrující toky)	8
3.3.1	Korytotvorné procesy	8
3.3.2	Splaveninový režim	11
3.3.3	Eroze vodních toků.....	11
3.3.4	Dřevo.....	12
3.4	Břehové porosty.....	15
3.5	Vliv živočichů na vodní toky	16
3.6	Vodní eroze + USLE	16
3.7	Pozemkové úpravy	18
3.8	Niva	19
3.9	Revitalizace	20
3.10	Renaturace	22
3.11	Povodně	23
3.12	Sucho.....	24
4	Charakteristika studijního území	26
4.1	Všeobecná charakteristika studijního území	26
4.2	Geologické poměry krajiny	27
4.3	Vodní toky Turnovska	27
4.4	Zvláště chráněná území Turnovska.....	29
4.5	Zemědělství.....	30
5	Metodika.....	32
6	Výsledky mapování drobných a periodických vodních toků Turnovska a jejich vyhodnocení	38
6.1	Výsledky vyhodnocení dle Metodiky odboru ochrany vod.....	38
6.1.1	Sledovaná kritéria hodnocení vodního toku dle Metodiky odboru ochrany vod:	41
6.1.2	Sledovaná kritéria hodnocení nivy:.....	42

6.2	Výsledky sledování projevů renaturace ve vodních tocích.....	43
6.2.1	Vliv mrtvé dřevní hmoty v korytě vodního toku	43
6.2.2	Bylinná vegetace	45
6.2.3	Keřové porosty.....	47
6.2.4	Stromy.....	48
6.2.5	Listy a větvičky	50
6.2.6	Sešlap zvěří.....	51
6.2.7	Stranová eroze	53
6.2.8	Spojené působení různých projevů renaturace:.....	56
6.3	Souhrn výsledků sledovaných projevů renaturace	58
6.4	Výsledky sledování vlivu managementu okolí na vodní toky:	59
6.4.1	Toky zemědělské krajiny	59
6.4.2	Toky lesní	60
6.4.3	Toky pod přímým vlivem intravilánu	60
6.5	Shrnutí výsledků.....	61
7	Návrhy řešení	64
7.1	Stávající stav.....	64
7.2	Proutěné koše	66
7.3	Vrbové rošty v korytě vodního toku	68
7.4	Umělé akumulace větví.....	70
7.5	Svazky rákosu.....	72
8	Diskuze.....	74
9	Závěr	78
10	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	80
11	Seznam příloh.....	84

1 Úvod

Několik extrémně suchých let vyvolalo otázky, jak předcházet nedostatku vody v krajině, jak vodu v krajině udržet a zpomalit její odtok, či jak jsou projevy sucha ovlivňovány stavem krajiny. Jedním z klíčových faktorů je hydromorfologický stav vodních toků (Just, 2015). Tato práce se zabývá sledováním hydromorfologického stavu drobných vodních toků v kulturní krajině Turnovska, projevů jejich renaturace a projevů renaturace v závislosti na managementu jejich okolí.

Na základě vysledovaných skutečností byly navrženy čtyři varianty finančně nenáročných opatření pro podpoření renaturace toků a následné zpomalení odtoku vody z krajiny.

Kulturní krajina České republiky se potýká s problémy způsobenými nejen klimatickou změnou, ale i významným antropogenním ovlivněním krajiny, negativně ovlivňujícím i vodní režim v krajině. Upravená říční síť pouze omezeně plní své přirozené funkce, prodlužuje se koloběh vody (Just et al., 2020), z rozsáhlých ploch orné půdy jsou prostřednictvím erozních smyvů toky zanášeny nepřirozeným jemným substrátem (Janeček, 2012). Pro pochopení ovlivnění vodních systémů hospodářským využíváním krajiny a k možnému zlepšení jejich stavu je nutné pozorovat, pochopit a popsat chování toků v závislosti na managementu okolí vodních koryt.

Krajina Turnovska je již od neolitu ovlivňována člověkem. Vliv člověka střídavě zesiloval či zeslaboval v závislosti na fázích vývoje lidské společnosti (válka, období prosperity, velké epidemie chorob) a s tím i klesajícím či rostoucím počtem obyvatel v krajině hospodařících (Šefrna, 2007).

Tento vývoj postihl nejen zemědělskou a lesní půdu, ale i vodní toky. Toky byly nejprve napřimovány pro energetické využití jejich energie. Probíhala výstavba náhonů pro vodní mlýny, pily a hamry, v rybníkářských oblastech byly budovány stoky pro zásobování rybníčních soustav vodou (Just et al., 2005).

Nejvýraznější zásah do drobných vodních toků přišel s rozsáhlými odvodňovacími akcemi probíhajícími nejprve v šedesátých letech dvacátého století, poté i v sedmdesátých a částečně i v osmdesátých letech. Z krajiny zmizelo mnoho mokřadních biotopů, vlásečnicové vodní toky byly často svedeny do melioračních zařízení, mnohdy i zatrubněny (Sklenička, 2002).

Vodní toky v odvodňovaných areálech byly napříměny, zahloubeny i opevněny tak, aby jejich trasování a podélný i příčný profil umožnili zaústění melioračních zařízení a rychlé odvedení vody z odvodňovaných pozemků (Just et al., 2005).

V takto upravených povodích došlo ke zkrácení vodních toků řádově i o desítky procent. Došlo k prodloužení koloběhu vody, voda z krajiny bez přirozeného zdržení bez užítku odtéká, při vyšších srážkách extrémizuje nežádoucí povodňové jevy (Langhammer, 2007).

Souvisejícím a velmi významným negativním jevem je vodní eroze půdy. Ta má silný negativní vliv nejen přímo na zemědělské pozemky, ale nepřímo i hydromorfologický (dále v textu jen HMF) stav toku (Just et al., 2005). Způsobuje také snížení kvality vody v tocích. Splavováním orničních vrstev půdy z rozsáhlých půdních bloků orné půdy dochází k zanášení koryt jemným substrátem bohatým na organické sloučeniny, dusíkaté látky a fosforečnany, způsobující eutrofizaci vod (Janeček et al., 2012).

Pro zadržení vody v krajině a zároveň pro zvýšení kvality vody ve vodních tocích je třeba komplexní přístup pomocí nástrojů krajinného plánování – při provádění revitalizace vodního toku zároveň provést sadu agrotechnických opatření na pozemcích v blízkosti vodních toků, a to jak zemědělských, tak i lesních pozemků (Sklenička, 2002a).

Vodní toky mají tendenci vracet se ke svému přirozenému geomorfologickému typu. Souhrnně jsou tyto přirozené procesy nazývány renaturacemi. Obecně je vhodné tyto dlouhodobé, avšak finančně nenáročné procesy využít ke zlepšení stavu vodních toků v kulturní krajině (Just et al., 2005).

2 Cíle DP

Cílem této práce je prostřednictvím podrobné analýzy vytipovaných úseků vodních toků v krajině Turnovska a jejich vzájemných interakcí se zemědělskou krajinou v přímém okolí těchto vodních toků zanalyzovat vliv managementu povodí na HMF stav vodních toků. Sledovat míru a způsob ovlivnění vodních toků přítomností živého i mrtvého dřeva v toku s ohledem na výskyt stromů či křovin v přímé blízkosti vodních koryt. U vlásečnicových toků sledovat i možnost ovlivnění toku bylinnou vegetací. Dalším možným ovlivňujícím faktorem je rozšlapávání břehových hran zvěří na migračních stezkách či v místech, kam zvěř chodí pít.

Sledovat vliv managementu na zemědělské či lesní půdě v blízkosti vodních toků na HMF stav toků, vytřídění dnových sedimentů či překrytí přirozených sedimentů jemnými hlínami bohatými na látky zvyšující eutrofizaci transportovaných do koryt vodních toků erozními smyvy z přilehlých zemědělských pozemků nebo jiných ploch náchylných k vodní erozi.

Identifikovat a popsat principy přirozené renaturace, procesu postupně přirozeně zlepšujícímu hydromorfologický stav vodních toků, jejich přiblížování k potenciálu přirozené dynamické rovnováhy vodního toku. Získané poznatky využít při navrhování opatření vedoucích k zadržení vody v kulturní krajině.

Vytvořit čtyři návrhy opatření k podpoře renaturace a zpomalení odtoku vody z krajiny. Opatření navrhnout tak, aby byly finančně nenáročné, minimálně měnily trasu koryta a maximálně využily místní materiály.

3 Literární rešerše

3.1 Pojem hydromorfologie

Hydromorfologie je dle Rámcové směrnice o vodách (dále v textu jen WFD) věda popisující hydrologické a geomorfologické charakteristiky procesů ve vodních útvarech a jejich částech. (WFD, 2000/60/ES, n. d.) Termín hydromorfologie je pro potřeby hodnocení dle WFD vhodné postavit na roveň termínu fluviální morfologie (Šindlar, 2013). Fluviální morfologie je vědní obor zabývající se podrobným popisem vodních toků v závislosti na okrajových podmínkách (geologie, pedologie, srážkoodtokové poměry, sklon), ale i změny vyvolané člověkem, povodní či klimatickou změnou (Galia et al., 2017), kategorizuje typy přírodních koryt (Just, 2005). Má dlouholetou tradici v aplikování vědy v environmentálním managementu a dává mnoho možností pro pochopení přírodních procesů (Fryirs et Brierley, 2013). Znalost fluviální morfologie umožňuje důkladné vyhodnocení a pochopení chování říčních systémů. Pro potřeby revitalizací je nutné definovat referenční přirozený stav vodního toku ke kterému má revitalizace směřovat, to je ideálně ke stavu dynamické rovnováhy (Šindlar, 2012).

3.2 Zakotvení hydromorfologie v právních systémech EU a ČR

WATER FRAME WORK DIRECTIVE -- „Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky“ (v platnosti od 22.10.2000) - Rámcová směrnice je v evropském měřítku nejvýznamnějším nástrojem pro ochranu vod a vodohospodářské využití vnitrozemských povrchových vod, vod brakických, pobřežních a podzemních. Je to všeobecný soubor cílů vedoucích k zachování udržitelného využívání vod. Implementací této směrnice do legislativy ČR je Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), předpis č. 254/2001Sb.

Dle §1, odst. 1 tohoto zákona *„Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl*

v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů.“ a dle §2 Vymezení pojmů jsou: 1) Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních. 2) Podzemními vodami jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající podzemními drenážními systémy a vody ve studních. 3) Vodním útvarem je vymezené významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu. Vodní útvary se člení na útvary povrchových vod a útvary podzemních vod. 4) Útvar povrchové vody je vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí, například v jezeru, ve vodní nádrži, v korytě vodního toku. 5) Silně ovlivněný vodní útvar je útvar povrchové vody, který má v důsledku lidské činnosti podstatně změněný charakter. 6) Umělý vodní útvar je vodní útvar povrchové vody vytvořený lidskou činností. (ČR, 2001)

Dle článku 26 WFD se členské státy zavazují usilovat o dosažení přinejmenším dobrého stavu vod prostřednictvím stanovení a zavedení nezbytných opatření. Pokud dobrý stav vody již existuje, má být udržován. V reakci na to byla MŽP v roce 2008 vypracována „Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protieroční ochrany pomocí přírodě blízkých opatření“, která poskytuje komplexní řešení pro analýzu přirozeného potenciálu vodních toků, včetně určení současného stavu, návrhu opatření a vyhodnocení dosažených efektů (hydromorfologie, protipovodňová ochrana) v projektu GIS na základě podrobných technických dat o vodních tocích a nivách. Metodika na základě srovnání dosažených výsledků zhodnotí, zda plánovaná opatření zajistí WFD požadovaný dobrý hydromorfologický stav (60 % potenciálu dynamické rovnováhy vodního toku) (ČR, 2008).

Pro komplikovanost použití kompletní metodiky byla Ministerstvem životního prostředí vypracována tzv. Zjednodušená metodika lépe použitelná pro široký okruh uživatelů (ČR, 2008).

Rámcová směrnice o vodách zavazovala členy EU dosáhnout dobrého stavu vodních toků do 2015. To se však ukázalo jako cíl, který nebyl reálný. Nutností je tedy dosáhnout co nejlepších výsledků s přihlédnutím k reálným možnostem (Just, 2016).

3.3 Fluviální morfologie (s důrazem na meandrující toky)

3.3.1 Korytotvorné procesy

Znalost zákonitostí fluviální morfologie umožňuje důkladné vyhodnocení a pochopení chování říčních systémů. Pro potřeby revitalizací je nutné definovat referenční přirozený stav vodního toku ke kterému má revitalizace směřovat – to je ke stavu dynamické rovnováhy. Dynamická rovnováha korytotvorných procesů je rovnováha mezi energií proudící vody a disipací energie proudící vody odporem prostředí. Odpor prostředí je definován jako souhrn erozních jevů, transportu splavenin a odporem vegetace v nivě vodního toku. U upravených vodních toků je přirozený odpor prostředí nahrazen technickou stabilizací koryta (Šindlar, 2012).

Fluviální systém je otevřený, dynamický systém, spojený s tokem a přeměnou energie a hmoty. Výsledkem jsou fluviální tvary reliéfu. Fluviální procesy jsou vzájemné interakce mezi tekoucí vodou a okolním prostředím ve smyslu procesů eroze – transport – sedimentace.

Utváření říčního koryta je tedy komplex vzájemně působících faktorů a procesů. (Klimt, n. d.).

Znalost korytotvorných procesů je základním východiskem pro správné určení geomorfologického typu vodního toku. Tyto procesy jsou hodnoceny různými způsoby. Na základě splaveninového režimu jsou korytotvorné procesy rozděleny do čtyř oblastí:

- Oblast erozních procesů – vodní toky s nepravidelnou trasou a přímými úseky, střídání peřejí a tůní v závislosti na šířce a podélném sklonu koryta: DE – deep erosion
- Oblast transportních procesů – vodní toky vinoucí se až meandrující, větvení do nivních koryt, střídání brodů a tůní v závislosti na vinutí koryta toku –
 - BR – braided – divočení soustavy vinoucích se koryt

- GSB – gravel sand branching – větvení štěrkonosného nebo písčitého vinoucího se koryta
- AB – anastomic branching – anastomózní větvení vinoucích se až meandrujících koryt
- Oblast akumulčních procesů – meandrující vodní toky a delty, vytváření odstavených ramen, střídání brodů a tůní
 - MD – meander – plně vyvinuté meandrování
 - DL – delta – větvení toku v deltě
- Oblast erozně-akumulčních procesů s vysokou dynamikou vývoje – narušení stavu dynamické rovnováhy
 - AE – accelerated erosion – akcelerovaná eroze

Subtypy AE –incompleted development-nedokončený vývoj akcelerované eroze do stavu dynamické rovnováhy
(Šindlar, 2012)

Na základě struktury jsou definované:

- Makro-struktury – hodnotí říční síť, průběh koryta a charakteristiku podélného profilu
- Mezo-struktury – hodnotí tvar a stabilitu příčného profilu, erozní a akumulční tvary
- Mikro-struktury-hodnotí charakter a diversitu substrátu a akumulovaného detritu
(Matoušková, 2009)

Na základní klasifikace dle Leopolda a Wolmana (1957), dle Mačka (2004)

- Vodní tok s přímým korytem
- Divočící tok
- Meandrující tok
- Stabilně větvený tok
(Just, 2004)

A dále kategorizace potočních tratí postihující odtokový a splaveninový režim a morfologický vývoj přirozeného potočního koryta

- Potoky nížin
- Potoky pahorkatin
- Podhorské potoky

- Horské potoky
 - Bystřiny
- (Zuna, 2004)

Tvar a chování koryta vodního toku a jeho nivy je určován nejen sklonem údolnice, ale významnou roli hrají tzv. korytotvorné průtoky. Korytotvorný průtok Q_k (v literatuře někdy označován Q_{bkf}) je průtok dlouhodobě udržující koryto ve stavu dynamické rovnováhy (Šindlar, 2012). Jedná se o průtok nejvyšší měrou ovlivňující vývoj koryta. Je to určité rozmezí průtoků, přibližně vyplňující koryto po břehovou hranu. (Just, 2005). Dle vodohospodářské terminologie a metodiky ČHMÚ je korytotvorný průtok pro meandrující toky Q_{30d} (Šindlar, 2012). Menší průtoky nemají potřebnou energii k přetváření trasy vodního toku a při vyšších průtocích dochází k vyběžení toku a ke změnám dochází v nivě, ne přímo v korytě toku. (Just, 2016)

Průtoky jsou ovlivňovány srážkami a charakteristikou povodí (Just, 2005), ale i krajinným pokryvem. Většina procesů v povodí spadá do kategorie nepřímých vlivů na říční ekosystém, protože jsou závislé na způsobu a změně využití půdy v okolí toku. Velký vliv na odtokové poměry mají změny vegetačního krytu, využití okolní půdy, odstranění vegetace soustředění povrchového odtoku (příkopy, zhutnění apod.), snížení infiltrace vody do půdy a vytváření nepropustných povrchů (dlažby, střechy), odlesňování a s ním spojené snížení intercepce a evapotranspirace (Roni et Beechie, 2013).

Dalším důležitým faktorem vývoje říčního koryta je proudění vody v korytě. V upraveném, hladkém korytě se stabilním příčným průřezem i podélným průběhem se snadno vytváří lineární proudění s velkou unášecí silou (Fryirs et Brierley, 2013), naproti tomu v přírodních či přírodě blízkých korytech jsou rychlosti proudění rozdělené (Just, 2005).

Nejvyšší rychlost vzniká nad proudnicí, přibližně v horní třetině hloubky a směrem do stran klesá, při dotyku s dnovou vrstvou klesá výrazně. Vlivem zakřivení dna a meandrových oblouků vzniká proudící tubus spirálovitého pohybu jehož příčná složka míří u nárazového břehu směrem dolů a vynáší tak vlastní silou částice z břehu i dna. Tyto částice transportuje jak podélně, tak i příčně, kde z tubusu částice vypadávají a ukládají se u protějšího břehu V mělkých a členitých přírodních korytech se vytváří větší množství válců, příčné proudění je rozložené, nezpůsobuje velké zahlubování dna a materiál odebraný v nárazovém břehu ukládá při vnitřních březích oblouků. Výsledkem je přirozený pohyb koryta v rámci nivy a nemívá velké nežádoucí projevy (Just, 2005).

Během vývoje lidské společnosti došlo v několika etapách k významnému zkracování říční sítě. Vlivem tohoto zkrácení je průběh povodňových vln strmější, průchod povodně krajinou výrazně rychlejší. Srovnání délek vodních toků v minulosti a v současnosti se provádí pomocí starých mapových podkladů jako jsou Müllerovo mapování, I., II. III. vojenské mapování či podklady stabilního katastru. Nevýhodou těchto podkladů pro daný účel je, že jsou zde zaznamenány pouze hlavní vodní toky, nejdrobnější toky zemědělské či lesní krajiny zde zachyceny většinou nejsou a není proto možné porovnat jejich původní délku a trasu se současným stavem (Langhammer, 2007).

3.3.2 Splaveninový režim

V korytech vodních toků ve stavu přirozené dynamické rovnováhy dochází k vyrovnanému pohybu splavenin. To znamená, že splaveniny vynesené proudem dále po toku jsou nahrazeny splaveninami z vyšších částí povodí. Tento proces probíhá kontinuálně a při běžných průtocích není pouhým okem patrný. Výrazně přispívá k disipaci kinetické energie a má tak výrazný tlumivý účinek při zvýšených průtocích. Porušení splaveninového režimu přináší do toku velkou nestabilitu, kdy splaveninami nenasycený tok disipuje svou energii přímo do koryta toku a tím způsobuje a urychluje erozi koryta (Just, 2005). Drobné toky jsou schopny transportovat pouze jemné splaveniny, jejich trasa bývá určována i plaveným rostlinným materiálem (Gooderham et al., 2007).

Geologické podloží povodí je primárním zdrojem sedimentů, ty se však mohou do vodních toků dostávat i větrnou či vodní erozí z antropogenně ovlivněných povrchů (orná půda, stavby). V nížinách je dotace vodních toků jemnými sedimenty z plošných splachů zásadní.

Transport rozpuštěných látek, většinou iontů HCO_3^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , H_3SiO_4 , Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} a K^+ probíhá prakticky ve všech tocích (Galia et al., 2017).

3.3.3 Eroze vodních toků

Jedním z přirozených hydromorfologických procesů dynamického vývoje vodního toku je boční eroze koryta vodního toku. Dodává do koryta hrubozrnnější materiál (Galia et al., 2017), pokud jsou břehy tvořeny nesoudržnými horninami je stranová eroze hlavním zdrojem splavenin (Simon et Rinaldi, 2006).

Meandrující tok se přirozeně vlní nivou, působením energie vody dochází k erozi vnějšího, výsepního břehu a k ukládání materiálu na jesebním břehu. Koryto pomalu migruje nivou, při vybřežení se transportovaný materiál ukládá v nivě, kde postupně zarůstá vegetací a spolu s dalšími povodňovými sedimenty tvoří základ pro rozvoj půd (Galia et al., 2017).

Velká část toků kulturní krajiny České republiky je nadměrně zahloubená, probíhá v nich hloubková eroze. Koryta jsou zaříznutá pod úroveň terénu, mají nepřirozeně velkou průtočnou kapacitu, nedochází k vybřežování povodňových vod. Naopak soustředěný odtok způsobuje další zahlubování koryta. A způsobuje zrychlení postupu povodňových vln. Okolní zeminové prostředí je nadměrně odvodňováno, je přerušovaná konektivita mezi tokem a nivou. Zahloubená kapacitní koryta mají nízkou ekologickou hodnotu za přísušků neposkytuje vodním a na vodu vázaným organismům podmínky pro přežití (Just et al., 2020). „Kanalizace“ koryta vodního toku je jedním z nejfrekventovanějších negativních antropogenních zásahů (Simon et Rinaldi 2006).

Pokud hloubková eroze pronikne odolnými vrstvami dna toku a narazí na relativně měkčí horniny, začne se erozní báze posouvat směrem proti proudu, tok se bude dále zahlubovat, vznikne takzvané čelo zpětné eroze posouvající se proti proudu, níže po toku zpětná eroze způsobuje zvýšený přísun sedimentů. Výše po proudu způsobí destabilizaci koryta a další zahlubování (Galia et al., 2017).

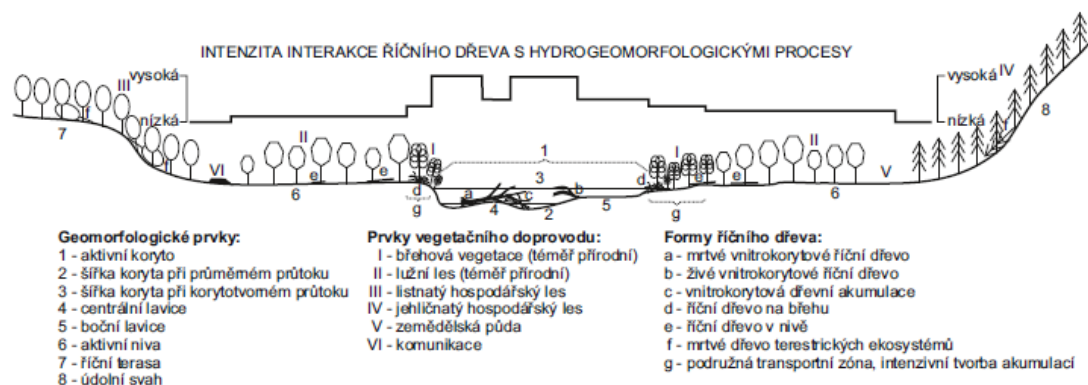
Hloubková eroze vede ke snižování hladiny mělké podzemní vody. To způsobuje degradaci půd. Půdy se mineralizují, ztrácejí organickou složku nepostradatelnou pro schopnost půd zadržovat v půdním profilu vodu (Just et al., 2020).

3.3.4 Dřevo

Morfologii říčních koryt více či méně ovlivňuje množství dřevní hmoty nacházející se v korytě toku, či v přilehlé nivě. Toto říční dřevo bylo a dodnes někdy ještě je vnímáno správci toků jako něco negativního. Uvolněné kusy unášené vodním proudem při povodňových průtocích se mohou zachytávat pod mosty a v propustcích a způsobovat škody. Říční dřevo je však přirozenou součástí říčních systémů. Je to živá či mrtvá dřevní hmota v korytě či v nivě. Byla vystavena hydrogeomorfologickým procesům nebo sama tyto procesy ovlivňuje – modifikuje hydrauliku proudění, vytváří proudové stíny, zesiluje tvorbu tůní, ovlivňuje splaveninový režim, dotváří morfologii koryta a nivy, podporuje vznik vodních

biotopů a působí pozitivně na populace bezobratlých a ryb. Dřevní hmota působí přímo i nepřímo ve všech druzích vodních toků.

Dřevo zvyšuje hydraulickou drsnost koryta, zmenšuje rychlost proudění a tečné napětí – snižuje erozní potenciál. Podporuje vznik mikroforem ve dně a březích (Máčka et Krejčí, 2011), kromě toho pozitivně působí na proces renaturace (Just, 2016).



Obrázek 1 - Různé formy a způsoby výskytu říčního dřeva v korytech a nivách vodních toků protékajících středoevropskou kulturní krajinou (Máčka a Krejčí 2011)

Z pohledu zdroje dřeva rozlišujeme dřevo autochtonní (místní) a alochtonní (příplavené proudem či antropogenní činností)

Z hlediska rozměrů se říční dřevo dělí na několik kategorií:

- LW – large wood – větší kusy dřevní hmoty – hrubé dřevo – nejčastěji jsou uváděny rozměry 0,1 m na šířku a 1 m na délku kusu
- SW – small wood, drobnější kusy dřevní hmoty
- FWD – fine woody debris – splávní

Dále se dřevo dělí na samostatné a akumulace – min 3 kusy hrubého říčního dřeva, min 10 cm široké a 1 m dlouhé, akumulace bývají označovány jako log jam-nápěch.

Definice se však často liší a nejsou striktně užívané (Máčka et Krejčí, 2011), (Galia et al., 2017).

Dalším hodnotícím hlediskem může být orientace říčního dřeva v korytě, přítomnost, či nepřítomnost kořenového balu (Galia et al., 2017).

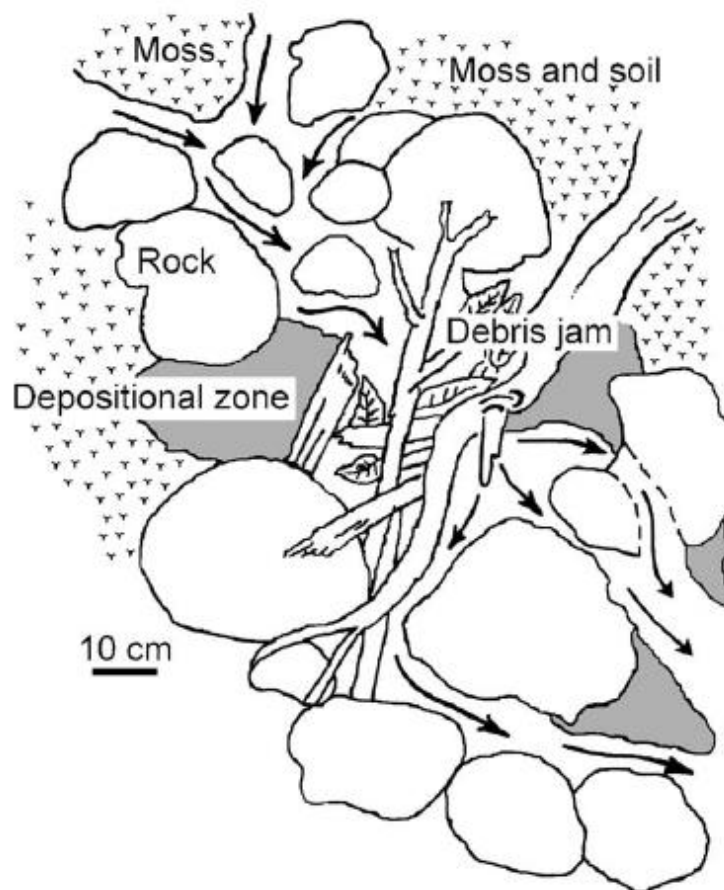
Mobilními jsou v rámci korytového úseku obvykle pouze kusy kratší než je šířka toku, delší dřevo může být ve velmi strmých korytech transportováno jako součást blokovobahenního proudu (Benda, 1990), (Galia et al., 2017).

Z hlediska hydromorfologie dřevo ovlivňuje pohyb a zachytávání splavenin, modifikuje dynamiku fluviálních procesů a přetváří korytovou morfologii v tocích všech měřítek, včetně nejmenších korytových jednotek. Velké kusy (key members) zachytávají další dřevo, čímž vznikají dřevní akumulace. (Máčka et Krejčí, 2011) Na tocích nízkého řádu je uspořádání říčního dřeva náhodné a převládají individuální kusy (Lassetre et Harris, 2001).

Dřevní akumulace se v tocích objevují v konkávních obloucích, na březích i v toku, mohou překlenovat celý tok, vytvářet významné struktury ovlivňující morfologii toku i nivy (Fryirs et Brierley, 2013). Dřevo zvyšuje drsnost koryta, snižuje tečné napětí na dně koryta, dochází k ukládání jemných dnových sedimentů

Množství říčního dřeva je vázáno charakterem vegetačního doprovodu, přísunové mechanismy, transport a působení člověka na břehové a doprovodné porosty podél vodního toku a také přímo na říční dřevo.

Bilance dřevní hmoty v ekosystému má tři fáze – přísunovou, transportní a rozkladovou, je to souběh chemicko-biologického rozkladu, fyzikálního rozkladu, pohřbení sedimenty a odnos-vodou nebo antropogenně. V akvatickém prostředí probíhá rozklad výrazně pomaleji (Máčka et Krejčí, 2011).



Obrázek 2 - znázornění částí toku ovlivněného akumulací říčního dřeva (Gooderham et al. 2007)

3.4 Břehové porosty

Doprovodné břehové porosty zpevňují břehy, zvyšují drsnost podporující ukládání sedimentů, zpomalují a rozdělují povodňové vlny, podporují regeneraci dna po povodni (Simon et Rinaldi, 2006).

Kořenové pletence opevňují břehy i dno, poskytují útočiště řadě vodních organismů, přispívají ke zvýšení heterogenity toku v podélném i příčném profilu. Přirozená funkce stabilizace břehů i koryta podporuje renaturaci toků. Usměrněje povodňové průtoky a podporuje rozliv povodňových vod do nivy, tím pozitivně podporuje zasakování vod v nivě a zvyšování hladiny mělkých pozemních vod.

Břehové porosty účinně zachycují splávi, které je potenciálním rizikem pro technické stavby.

Kořenové systémy podporují prosperitu bentických organismů zprostředkujících proces samočištění vody, zastiňují hladinu, tím brání přehřívání vody a ztrátám kyslíku rozpuštěného ve vodě (Just et al., 2005).

Dotují vodní systémy říčním dřevem, chrání před erozí.(Just et al., 2020), krajinný pokryv může být stejně důležitý jako hydromorfologický (dále v textu jen HMF) stav toku (Kujanová et al., 2018), morfologie nejdrobnějších vodních toků je kořenovými systémy, pokud jsou v toku přítomny, určována (Gooderham et al. 2007), na změny v jejich množství a složení drobné vodní toky výrazně reagují (Galia et al., 2017).

Dobře vyvinutá pobřežní zóna funguje jako buffer proti transportu splavenin z polí bohatých na chemické látky podporující eutrofizaci (Mitsch et al., 2001).

3.5 Vliv živočichů na vodní toky

Vodní toky jsou ovlivňovány nejen rostlinnou, ale i živočišnou složkou kulturní krajiny. Pohyb živočichů po dně, hledání potravy či úkrytu zvyšuje intenzitu transportu sedimentů (Johnson et al., 2011).

Lososovité druhy ryb během páření narušují dnový substrát a podporují transport jemných splavenin níže po proudu.

Zásadní vliv na vodní toky mají bobři. Budováním vodních hrází a hradů, často až desítek na kilometru délky vodního toku ovlivňují rychlost proudění, drsnostní podmínky, ukládání sedimentů. Z ekologického hlediska je významný i pozitivní vliv ovlivnění samočistící schopnosti vody (Pollock et al., 2003), (Cunjak et Therrien, 1998).

3.6 Vodní eroze + USLE

Eroze je přirozený proces rozrušení materiálu, jeho oddělení od podkladu a následný transport (Galia et al., 2017). Vodní eroze je vyvolána destrukční činností dešťových kapek a povrchového odtoku a následným transportem uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Tyto uvolněné částice jsou transportovány do vodních toků, které jsou zanášeny jemnými splaveninami bohatými na živiny způsobující eutrofizaci vodních toků (Janeček et al., 2012).

Základním nástrojem pro výpočet ohroženosti půd vodní erozí je „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí (dále v textu jen USLE) dle Wischmeiera a Smithe z roku 1978

$$\text{Rovnice USLE: } G = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

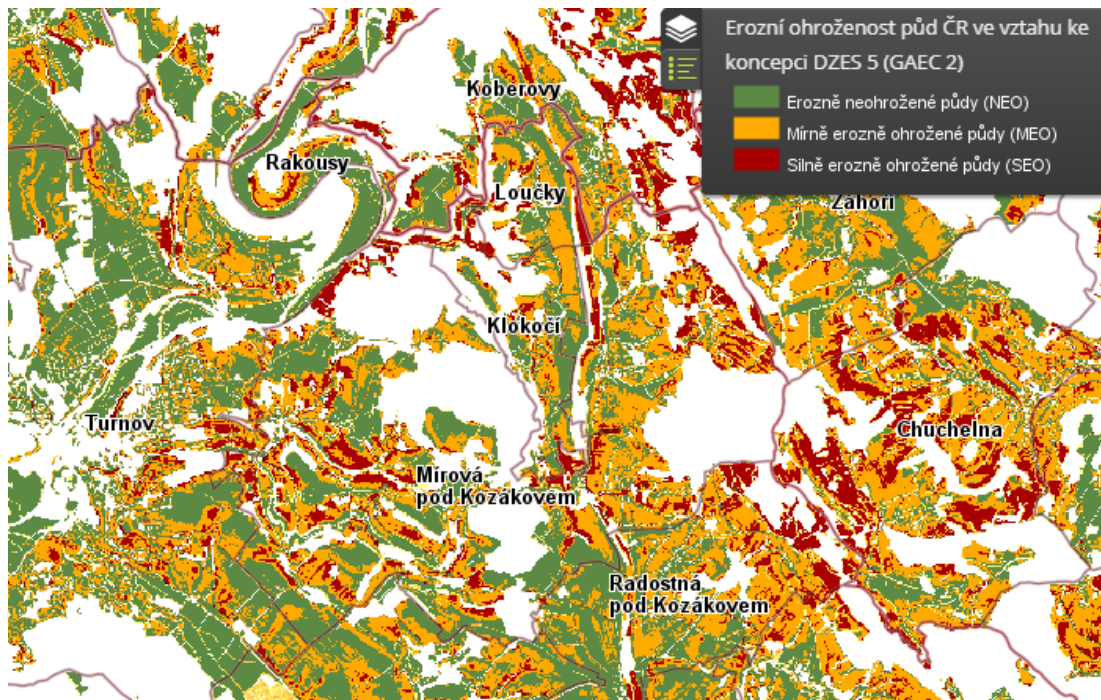
kde je:

- G průměrná dlouhodobá ztráta půdy/t. ha⁻¹ * rok⁻¹ /
- R faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů
- K faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu
- L faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikosti ztráty půdy erozí
- S faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí
- C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice
- P faktor účinnosti protierozních opatření

Přípustné hodnoty ztráty půdy erozním smyvem v souvislosti s možnou eutrofizací vodních toků se pohybují na hodnotách od 0,5 do 2 t * ha⁻¹ * rok⁻¹, hodnoty jsou závislé na půdním druhu typu a aktuálním obsahu živin v půdě ležící na pozemcích v okolí toku (Janeček et al., 2012).

Erozní ohroženost půd je v současné době určována pomocí široké palety nástrojů geografických informačních systémů (dále v textu jen GIS) výsledky jsou k dispozici prostřednictvím portálu Výzkumného ústavu meliorací a půd (dále v textu jen VÚMOP) a portálu zemědělce e-agi.cz. Pomocí informací o drahách soustředěného odtoku, o kvalitě a druhu půd dle bonitních půdně ekologických jednotek (dále v textu jen BPEJ) je možné předvídat místa nežádoucích erozních událostí, navrhnout způsoby ochrany před nimi a tím zamezit transportu splavených půd do vodních toků (Novotný et al, 2014).

Plošné odtoky ze zemědělských ploch představují 75 – 85 % množství dusíku transportovaného vodními toky, u fosforu se tato hodnota pohybuje mezi 20 a 30 % obsahu P v tekoucích vodách (Rosendorf et al., 2018).



Obrázek 3 - ukázka mapy erozní ohroženosti půd ČR, (www.vumop.cz, 16.2.2022)

Způsob hospodaření na zemědělských plochách významně ovlivňuje povrchový odtok, půda zadrží méně vody, trpí zhuštěním, postranní příkopy urychlují odtok vody z polí a podporují další rozpad půdních struktur (Slavíková, 2007).

3.7 Pozemkové úpravy

Pozemkové úpravy jsou jedním z klíčových nástrojů pro úpravu managementu povodí. Úpravou vlastnických vztahů zvyšuje možnosti účinných technických revitalizačních toků, prostřednictvím Komplexních pozemkových úprav (dále v textu je KOPÚ) navrhuje konkrétní způsoby řešení problémů vodní eroze. Pomocí agrotechnických opatření ovlivňuje množství půdy odnášené z pozemků při erozních událostech a vodohospodářskými opatřeními zlepšuje přímo kvalitu vodních toků (Sklenička, 2002).

Typ opatření	Druh opatření
Opatření organizační	Tvar a velikost pozemků Delimitace druhů pozemků (ochranné zatravnění, zalesnění, ochranné sady a vinice) Protierozní rozmísťování plodin Pásové střídání plodin Agrolesnické systémy
Opatření agrotechnická	Protierozní technologie pěstování erozně nebezpečných plodin, tj. zejména zpracování a příprava půdy, přímý výsev do krycí plodiny, strniště, posklizňových zbytků nebo do mulče, hrázkování, důlkování, mulčování Vrstevnicové obdělávání
Opatření technická	Protierozní průlehy Protierozní příkopy Protierozní meze Zasakovací a sedimentační pásy Protierozní hrázký Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku Stabilizace strží a erozních projevů v drahách soustředěného povrchového odtoku Protierozní ochranné nádrže Polní cesty s protierozní funkcí Terasování

Obrázek 4 - Přehled doporučených protierozních opatření dle metodiky SPÚČR (Homoláčová et al., 2021)

Vodohospodářská opatření jsou dle metodiky SPÚČR navrhována tato:

- Opatření ke zlepšení vodních poměrů a zlepšení hospodaření s vodou
 - Zvýšení retenční schopnosti území
 - Úprava vodního režimu zamokřených pozemků
 - Zadržení a akumulace vody v území
- Opatření k odvádění povrchových vod z území
- Opatření k ochraně před povodněmi a suchem
- Opatření k ochraně povrchových a podzemních vod
- Opatření k ochraně vodních zdrojů
- Opatření u stávajících vodních děl na vodních tocích
- Opatření u staveb k závlaze a odvodnění pozemků (Homoláčová et al., 2021)

3.8 Niva

Říční niva je akumulární rovina podél říčního toku, při povodních částečně nebo úplně zaplavovaná (Demek, 1988), tvořená nekonsolidovanými sedimenty transportovanými a usazenými tímto tokem („Aluviální sedimenty”, n. d.).

Aktivní niva, pravidelně zaplavované území, jednotlivé úrovně se rozlišují dle povodňových průtoků, k vymezení aktivní nivy se používají nástroje GIS (Hartvich,

2007), (Langhammer, 2007), pro vymezení nivy není důležitý pokryv, zástavba ale ovlivňuje retenční schopnost nivy (Just, 2005).

Zásadní funkcí nivy je tlumení povodňových průtoků rozlitem povodňové vlny. Údolní niva mívá větší drsnost zpomalující proudění. Zpomalí se průchod kulminační vlny. Při zpomalení proudění dochází k usazování splavenin a živin.

Pozitivní působení nivy je úzce propojené s antropogenní činností, všeobecně se dá prohlásit, že čím větší vliv člověka v nivě je, tím je nižší úroveň kvality přirozených funkcí nivy. (Galia et al., 2017).

Při vylití vody do nivy klesá rychlost proudění a dochází k ukládání jemných plavenin. Tento fenomén se začal v české krajině výrazně projevovat v důsledku zemědělství a odlesňování (Kovanda, 1994).

Niva se tvaruje během povodňových událostí a ukládáním sedimentů při postupném zpomalování proudění vody. Pro vymezení aktivní nivy se využívá celá řada nástrojů GIS, všechny procesy musí být založeny na kvalitním digitálním modelu terénu (dále v textu DMR) Jejich pomocí se určuje velikost zaplavovaných území při určených N letých průtocích. (Langhammer, 2007).

Hospodářské využívání nivy způsobuje větší donášku sedimentů do toku plošnou erozí ale i tvorbu strží, sesuvů půdy nebo tvorbu blokovobahenních proudů. (Galia et al., 2017).

3.9 Revitalizace

Revitalizace – náprava zásahů způsobených lidskou činností. Revitalizační činností vznikne přírodní koryto, které nevzniklo přírodním způsobem („Přirozené koryto vodního toku a jeho změny: nové pojetí v novele vodního zákona Publikováno z Fórum ochrany přírody (<http://www.forumochranyprirody.cz>)”, n. d.) Obvykle investičně náročné stavební akce, povolované příslušným vodoprávním úřadem (Just, n. d.).

Pojem revitalizace z pohledu vodního hospodářství znamená obnovení či oživení vodních toků, jejich návrat či připlížení k přírodnímu stavu, stavu dynamické rovnováhy dle GMF typu toku. Moderní pojetí požaduje i estetickou a ochrannou

funkci. Revitalizace mohou být považované za vodohospodářskou úpravu, zohledňující ekologické funkce. (Galia et al., 2017).

Hlava VI vodního zákona § 44(2): „*Přírodným korytem vodního toku je koryto nebo jeho část, které vzniklo přírodním působením tekoucích povrchových vod a dalších přírodních faktorů nebo provedením opatření k nápravě zásahů způsobených lidskou činností a které může změnit svůj směr, podélný sklon a příčný profil*“ (ČR, 2001).

Většina revitalizačních akcí je vedena snahou o nápravu nepříznivého vlivu technických úprav s cílem zajistit dobrý ekologický stav toku. Ekologický stav toku je souborem složek morfologických, chemicko-fyzikálních a biologických. Čím více se stav toku blíží přírodnímu stavu v daném typu prostředí, tím více je stav toku hodnocen jako příznivý (Just et al., 2020).

Výsledkem revitalizace tedy má být co nejlepší hydromorfologický stav, bez migračních překážek, s vyrovnaným splaveninovým režimem a s vysokou mírou oživení a zajištění rozlivu vody do přilehlé nivy, pokud to odpovídá HMF typu toku (Just, 2005).

Pro kvalitní návrh revitalizace je nutné znát referenční podmínky pro daný tok, to je však v kulturní krajině komplikované. Velké množství toků prošlo technickou úpravou v průběhu času. U toků vyšších řádů je vhodné použít historické mapy, trasy drobných vodních toků jsou však jen naznačeny, případně úplně chybí (Galia et al., 2017).

Obecně se revitalizace rozlišují podle procesu vzniku. Dlouhodobé samovolné renaturace, renaturace povodněmi a technické revitalizace (Just et al., 2005).

Při provádění technické revitalizace je nutné komunikovat se všemi zúčastněnými subjekty, brát na zřetel mnohdy komplikované majetkoprávní vztahy, ochranu majetků před povodněmi, aspekty ochrany přírody. Přemýšlet jaké zásahy jsou skutečně třeba, a které ne (Kender, 2004) (Just, 2005). Plány revitalizace je třeba přizpůsobit místnímu měřítku, místním biologickým i fyzikálním podmínkám a jasně definovat očekávané výsledky, včetně času, za jaký bude dosaženo předpokládaných výsledků (Roni et Beechie, 2013).

Hlavní efekty revitalizací – zvětšení omočeného dna a tím podpořená samočistící schopnost vody bentickými mikroorganismy usazenými na povrchu dna, prodloužení doby průběhu vody korytem, tlumení průběhu velké vody, zvětšení aktuální zásoby vody v korytě, zvětšení zásoby nivní vody. Posílením členitosti koryta vznikne množství nových biotopů, zlepší se i pohledová kvalita vodního toku a s tím spojené vnímání toku obyvatelstvem (Just, 2016).

Lze říci, že je výhodné tam, kde to umožní přirozené procesy využít renaturace a přírodní samovolné sukcese. Revitalizovat i nivu. Tvořit koryta o malých průtocích – Q_{30} , $max Q_1$. Větší průtoky převádět do nivy a dotovat tak jimi zásoby nivní vody. Stabilitu břehů a dna zajišťovat pouze biologicky, nebo v případě nutnosti místními materiály. Modelovat koryto v souladu s odpovídajícím HMF stavem, vytvářet členitý podélný profil, dbát na střídání brodů a tůní. Správně napojit staré a nové koryto např. balvanitým skluzem, důsledně zamezit zahlubování revitalizovaného toku pod upraveným úsekem působením „hladové vody“ ochuzené o splaveniny. Pokud je to možné, obnovovat stará ramena, podporovat vznik litorálního pásma. Zásadně nevhodné je ukládání sedimentů a odtěžené zeminy v blízkosti vodního toku (Just, 2005).

3.10 Renaturace

Renaturace je přirozený, samovolný, pozvolný proces. Neustále působící voda postupně destruuje technické úpravy toku. Podílí se na zlepšení ekologického stavu vodního toku. Pozitivem je finanční nenáročnost a v celkovém měřítku velký rozsah renaturací. Negativem je hromadění zbytků materiálu z rozpadlých vodohospodářských staveb v korytě toku. Proces renaturace má podporu v novele vodního zákona z roku 2010. Vodohospodářské úpravy již nejsou stavbami a majitelům tak odpadá povinnost udržovat je ve stavu blízkému po kolaudaci (Just, 2015).

Předpokládá se, že časem se řeka vrátí zpět ke svému přírodnímu geomorfologickému vzoru. To může být samozřejmě časově velmi náročné vzhledem k „tvrdomi“ původních vodohospodářských úprav, avšak samovolná renaturace může probíhat na velké délce toku a je prakticky zadarmo (Galía et al., 2017).

Vzhledem k rozsahu technických opatření ve vodních tocích je reálné provedení technických revitalizací pouze v omezeném rozsahu a je proto vhodné přirozené renaturace v co nejvyšší možné míře využít a cíleně je podporovat (Just, 2015).

Renaturace probíhají rozpadem technického opevnění, zanášením koryta splaveninami, schopnými překrývat vrstvy technického opevnění dna. Padáním dřeva do koryta a dále podporující tvorbu přírodě blízkých korytových tvarů. Porůstání koryta bylinami, keři i stromy, dochází k obnově a vzniku morfologických útvarů (Šindlar, 2012). Dalším renaturačním činitelem je zavzdouvání vodního toku bobřími hrázemi (Just et al., 2020).

Zvláštní kategorií jsou renaturace povodněmi, kdy vlivem velkých průtoků dochází k rozpadu technických opatření a nastartování přirozených procesů. Povodňové průtoky transportují větší množství splavenin, tvoří akumulace říčního dřeva. (Just et al., 2020).

K podpoře přirozené renaturace se používají jednoduché nedestruktivní zásahy až po částečné revitalizace. Používané zásahy využívají procesy podporující přirozené rozvolnění proudnice – střídání zásahů na jednom a druhém břehu – kosení bylinných porostů, střídavé vysazování stromů či keřů. Dále také střídavé záhozy štěrkem, který se postupně rozplavuje a zvyšuje hydraulickou členitost koryta. Možností je i vytváření akumulací dřevní hmoty (Just et al., 2020).

3.11 Povodně

Země vstupuje do fáze zjednodušeně popsané jako fáze „povodně a sucha“ projevující se extrémními projevy počasí (Cílek et al., 2017).

Povodně jsou přirozeným projevem dynamického vývoje vodního toku. (Šindlar, 2012) Lidská společnost na ně nahlíží spíše negativně, z hlediska hmotných škod a škod na lidském zdraví či ztrátách na životech. (Just et al., 2005).

Škody na rostlinné produkci jsou v důsledku přívalové srážky či v důsledku přímého zatopení. Vlivy jsou přímé – přívalová srážka porosty v důsledku erozní činnosti odplaví, či zanese vrstvou erodovaného materiálu a nepřímé – pokles produkční schopnosti v důsledku snížení mocnosti orniční vrstvy půdy a zároveň okyselováním půdy vlivem podorniční vrstvy, podle toho, zda působí přímo v době povodně, či následně (Langhammer, 2007).

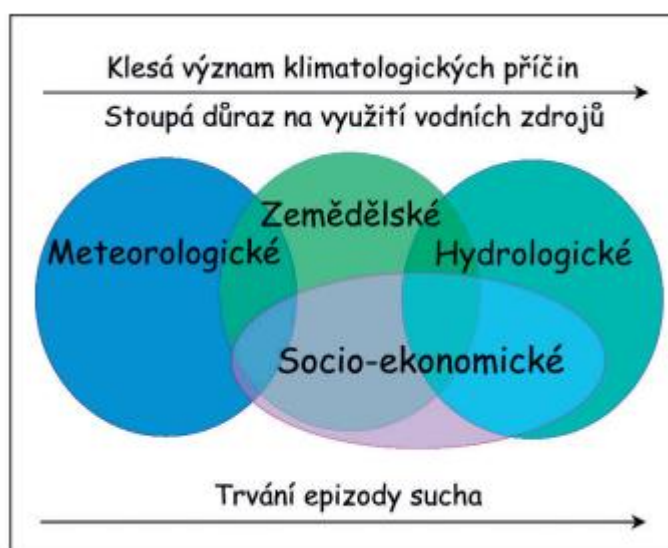
Zatímco ekonomické riziko povodní je zpravidla vyhodnocováno rentabilitou protipovodňových opatření, například metodou přínosů a nákladů, environmentální riziko a jeho případná míra nebezpečnosti je vztahována k pravděpodobnosti překročení přípustné míry kontaminace vod v jednotlivých ukazatelích znečištění. Míra rizika stoupá v místech inundace povodňových vod, kde možnost kontaminace stoupá s množstvím vody zasáknuté v příslušném prostoru. Míra přípustné koncentrace polutantu je závislá na druhu kontaminantu a jeho potenciální nebezpečnosti (Říha, 2005).

3.12 Sucho

Sucho je jedním z projevů extremit spojených s klimatickou změnou. Nástup sucha je pozvolný, zpočátku nenápadný proces. Pro obtížnou definovatelnost sucha z pohledu různých disciplín hovoříme o čtyřech typech podle dominujících procesů:

- Meteorologické
- Zemědělské
- Hydrologické
- Socioekonomické (Heim, 2002),

přičemž jeden typ postupně ovlivňuje další až k poslednímu stupni – socioekonomické sucho. Meteorologické sucho je záporný úhrn srážek za určité časové období.

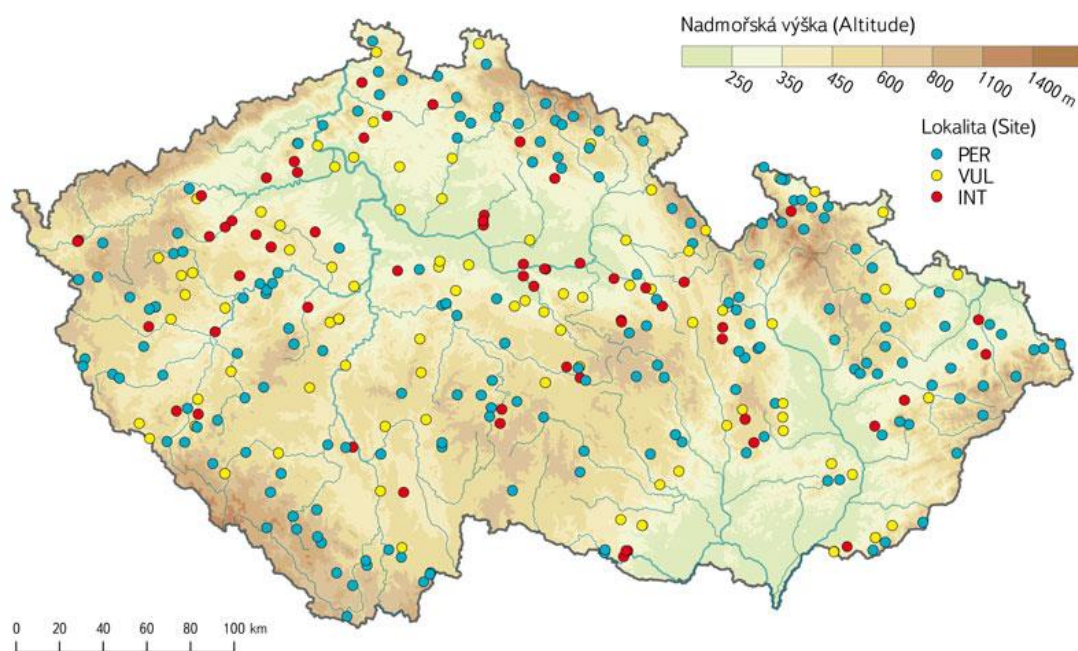


Obrázek 5 - Vzájemný vztah mezi čtyřmi základními typy sucha. <https://drought.unl.edu/>

Pro popis sucha jsou používány Palmerovy indexy sucha sledující teploty a srážky v hodnoceném území, aktuální množství vody v půdě a míru evapotranspirace. Půdní profil je redukován na vrstvu svrchní ornice a vrstvu kořenovou. Syčení spodní kořenové vrstvy může nastat až poté, co je plně nasycena svrchní orniční vrstva. K povrchovému odtoku dochází až po nasycení obou vrstev půdy nad jejich maximální retenční kapacitu (Palmer, 1965), (Žalud et al., 2006).

Hydrologické sucho se projevuje poklesem hladin vodních toků, zpravidla jsou to průtoky na úrovni Q_{95} ale i méně. Takto nízké průtoky mají závažné dopady nejen na kvalitu vody v tocích, ale i pro všechny ekosystémy vázané na vodní prostředí. (Zahrádková et al., 2015).

Metodou klasifikačních stromů z deficitu srážek typu krajinného pokryvu, podílu hornin s obsahem jílovců, parametrů geomorfologických a z podílu stojatých vod v povodí byl vytvořen index rizikovitosti vysychání drobných toků v ČR - 43 % je území s malým rizikem vysychání, 23,3 % se středním a 31,3 % rozlohy ČR je územím s velkým rizikem vysychání drobných vodních toků. Rizikovitost významně zvyšuje vyšší množství orné půdy v povodí (Zahrádková et al., 2015).



Obrázek 6 - rozmístění lokalit na malých vodních tocích klasifikovaných metodou retrospektivní bioindikace do tříd podle permanence toku : PER – toky stále tekoucí, VUL toky vysychající nepravidelně, INT – toky vysychající pravidelně (Zahrádková et al., 2015)

4 Charakteristika studijního území

4.1 Všeobecná charakteristika studijního území

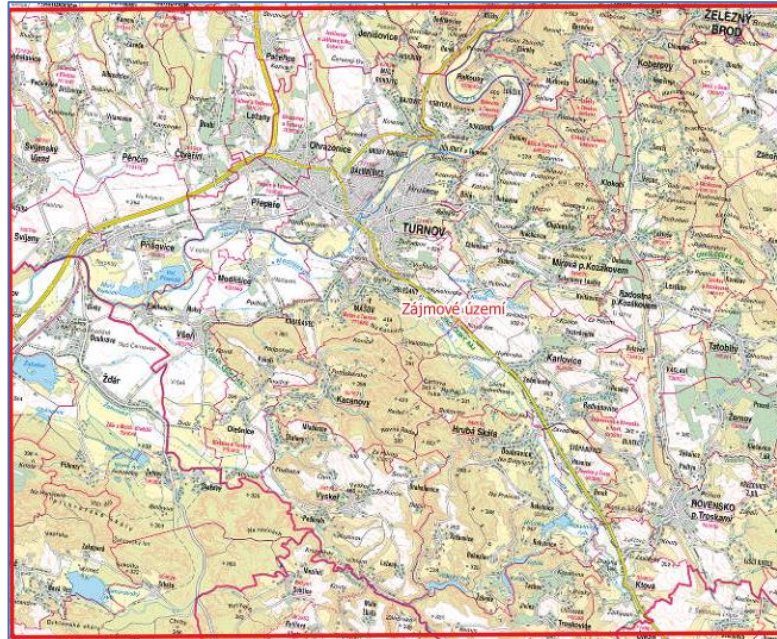
Studijní území se nachází v severní části České republiky, na území okresů Semily, Liberec a Jičín.

kraj	Liberecký, Králové Hradecký
ORP	Turnov
Klimatický stupeň	5. – 7.
Dílčí povodí	Horní a Střední Labe
pátevní tok	Jizera
geologie	Pískovce, jílovce, kvartér
Nadmořská výška	230 m. n. m. – 560 m. n. m.
CHOPAV	Severočeská křída

Tabulka 1- základní informace



Obrázek 7 vyznačení zájmového území na přehledné mapě České republiky



Obrázek 8- mapa širších vztahů

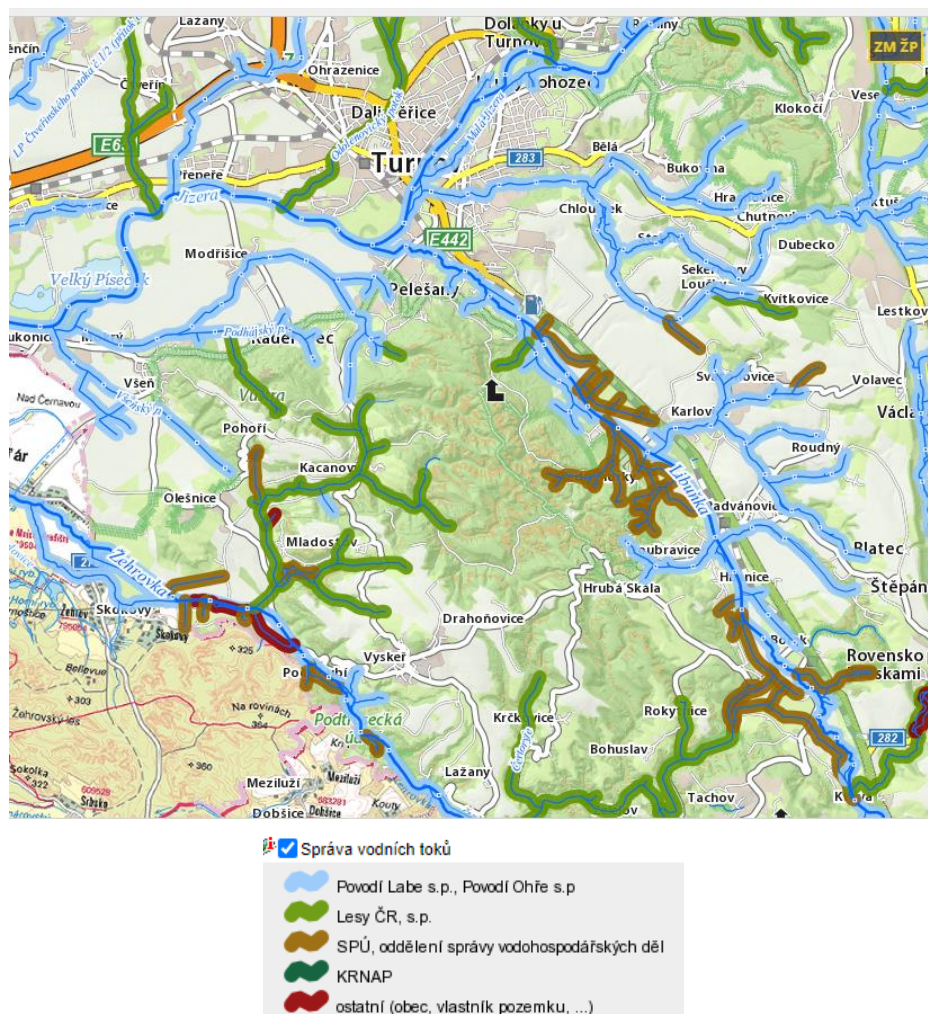
4.2 Geologické poměry krajiny

Krajina zájmové oblasti Turnovska vznikala v oblasti české křídové pánve, zaplavené Cenomanskou záplavou. Po ustoupení moře zde vznikla souš s mohutnými pískovcovými sedimenty, z nichž se v průběhu milionů let stala skalní města Českého ráje (Ziegler, 1999).

Oblast skalních měst vzniklých z kvádrových pískovců proráží třetihorní vulkanity vrchů Vyskeř, Mužský a Trosky. Reliéf krajiny určovala vodní eroze prořezávající tektonickou činností vyzdvižená a nakloněná pískovcové vrstvy. Severovýchodní část zájmového území okraj Ještědsko-kozákovského hřbetu vzniklého přesmykem tektonických ker podél geologického zlomu Lužické poruchy. Významným prvkem je tok řeky Jizery prorážející v katastrální území Rakousy masív Ještědsko-kozákovského hřbetu, místo je Evropsky významnou lokalitou (dále v textu jen EVL). Dále po proudu Jizera opouští sevřené údolí a tvoří rozsáhlou nivu (Löw, 2014).

4.3 Vodní toky Turnovska

Páteřním tokem Turnovska a finálním recipientem veškerých sledovaných vodních toků je řeka Jizera, ústící do Labe. Úmořím je Severní moře.



Obrázek 9– mapa správy toků, zdroj geoportál Libereckého kraje

Podstatná část vodních toků Turnovska je ve správě Povodí Labe, státní podnik, dalším významným správcem vodních toků jsou Lesy České republiky, státní podnik, ostatní toky jsou součástí pozemků soukromých osob.

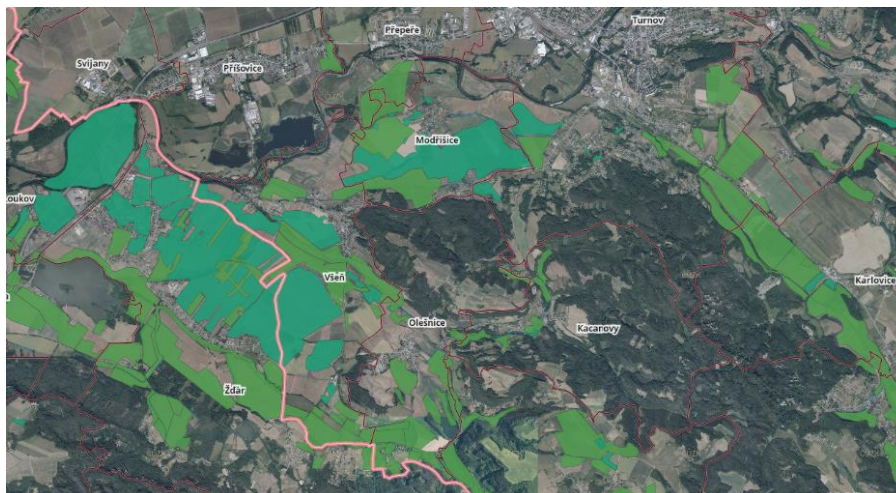
Koryto drobných, periodických vodních toků v kulturní krajině Turnovska často nemá vymezenou parcelu v katastru nemovitostí, koryto je součástí pozemku, kterým protéká (Sklenička, 2002a).

Drobné vodní toky, které jsou součástí odvodňovacích systémů jsou ve správě Státního pozemkového úřadu České republiky (dále v textu jen SPÚČR), či vlastníků pozemků, na nichž se koryto vodního toku nachází (Sklenička, 2002a).

Rozsáhlé oblasti byly v druhé polovině dvacátého století odvodněné, toky nejnižších řádů byly zatrubněny, přeměněny na meliorační kanály (Sklenička, 2002a).

Srovnání původního a současného stavu nejdrobnějších a periodických toků Turnovska není možné, historické podklady (Müllerovo mapování, mapy stabilního

katastru ani Císařské otisky) nemají potřebnou podrobnost, trasy drobných vodních toků nejnižších řádů jsou pouze naznačeny, většinou úplně chybí.

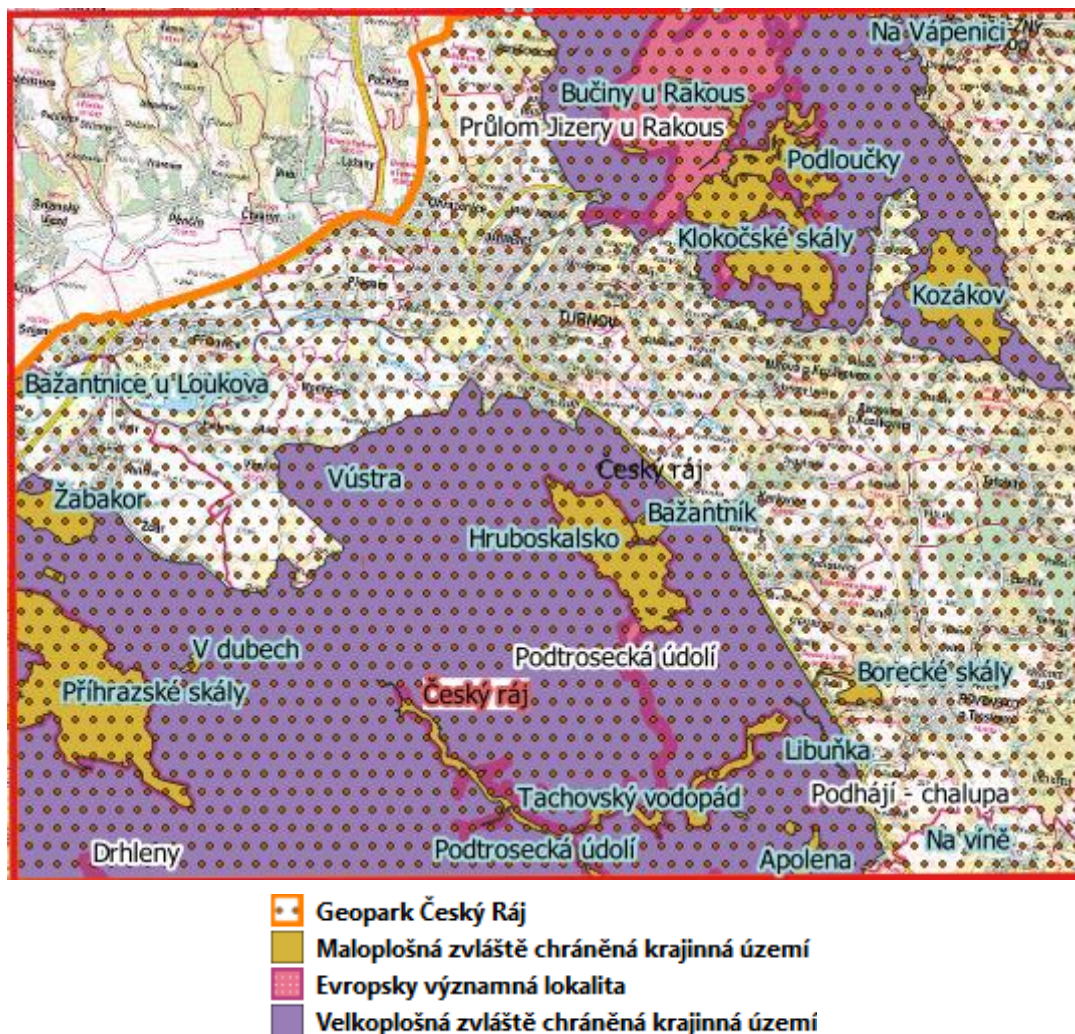


Obrázek 10 - Mapa informačního systému melioračních staveb. Plochy vyznačené zeleně jsou plochy odvodnění dle evidence zemědělské vodohospodářské zprávy.

Od roku 1995 je drobné odvodnění (pera a hlavníky) v péči majitelů pozemků, hlavní odvodňovací zařízení jsou v majetku státního pozemkového úřadu. Ten zpravidla reaguje na žádost o údržbu subjekty obhospodařujícími dané pozemky (Sklenička, 2002).

4.4 Zvláště chráněná území Turnovska

Zájmové území zasahuje do velkoplošného zvláště chráněného území (dále v textu CHKO) Český Ráj. V širším zájmovém území je vyhlášeno několik maloplošných zvláště chráněných území, geopark UNESCO Český Ráj a Evropsky významné lokality (dále v textu EVL).



Obrázek 11– plochy zvláště chráněných krajinných území

4.5 Zemědělství

První známky osídlení sledovaného území byly nalezeny v místě staroholocénního jezera v nivě říčky Libuňky. Toto jezero bylo poměrně mělké, sloužilo jako přirozený rezervoár vody a potravy. Největšího významu dosáhlo v době mezolitu (8. – 6. tisíciletí př. n.l.), pravděpodobně existovalo ještě počátkem mladší doby kamenné polovina 6. tisíciletí př. n.l. (Prostředník, & Šída, n. d.).

V období od 12. do 7. století před naším letopočtem území ovlivňovaly keltské kmeny, později vytlačené kmeny slovanskými. Od středověké kolonizace byl osídlen prakticky celý kraj, vznikala nová sídla, došlo k odlesňování, intenzifikaci zemědělské činnosti (Sklenička, 2002a),(Galía et al., 2017).

Až do Bílé hory probíhala hospodářská kultivace krajiny, odlesňování, zakládání rybníků, další rozvoj nastal za vlády Albrechta z Valdštejna, který podporoval řízenou obnovu porostů. V polovině 19. století byl přijat Lesní zákon, zabraňující odlesňování (Löw, 2014).

Zásadní zlom ve vývoji krajiny nastal v padesátých letech dvacátého století v souvislosti s kolektivizací zemědělství. Rozoráním polí vznikly rozsáhlé půdní bloky, snadno podléhající vodní erozi. Dalším negativním krokem byly rozsáhlé odvodňovací akce zacílené na získání nových ploch orné půdy v místech přirozeně zamokřených (Sklenička, 2002).

5 Metodika

Řešení problematiky probíhalo v několika na sebe navazujících krocích:

- V první fázi byly prostudovány dostupné mapové podklady zájmové oblasti. Byly využity takové materiály, na kterých jsou dobře patrné drobné vodní toky Turnovska. To je například ortofoto mapa Českého ústavu zeměměřického (dále v textu jen ČÚZK), dále katastrální mapy, archivní mapy ČÚZK (Müllerovo mapování, vojenská mapování, či mapy stabilního katastru), mapy bonitně půdních ekologických jednotek (dále v textu jen BPEJ) Výzkumného ústavu meliorací a půd (dále v textu jen VÚMOP), pro zjištění půdních podmínek sledovaných lokalit, ale i dobře přehledné a podrobné mapy portálu Mapy.cz. V prostředí Q GIS byla připojena vrstva „VÚV vodní toky“ a „vrstva kilometrů vodních toků“. V mapách byly vyhledávány trasy drobných vodních toků nejnižších řádů, meliorační odpady či toky v polní krajině odvodněním přímo ovlivněné, a naopak toky s rozvlákněnou trasou, naznačující poměrně přirozené trasování toku. Pokud to mapové podklady umožnily, byly porovnávány původní a antropogenně ovlivněné trasy jednotlivých toků.
- Na základě studia mapových podkladů a dobré znalosti území bylo vytipováno 20 reprezentativních úseků drobných vodních toků a ty byly předběžně rozděleny do tří skupin
 - Toky lesní
 - Toky zemědělské krajiny
 - Toky pod přímým vlivem intravilánu obcí
- Dalším krokem byla příprava terénních prací. Pro podrobné a systematické zdokumentování vytipovaných úseků vodních toků, projevů renaturace jejich koryt a vztahu procesu renaturace k managementu okolí vodních toků byl sestaven mapovací formulář, do kterého byly zaznamenávány jednotlivé projevy renaturace a popsány váhy jejich vlivu. K jednotlivým sledovaným projevům renaturace byly připraveny škály váhy vlivu s bodovým hodnocením a slovním popisem jednotlivých projevů i váhy jejich vlivů tak, aby mapování proběhlo přesně v souladu s vytvořenou metodikou a nedocházelo ke zkreslování (Wheaton et al., 2015). Přehledný seznam všech sledovaných faktorů a hodnotící škály viz **Příloha č. 1**
Součástí mapovacího formuláře je stručný popis toku a případné poznámky k okolnostem nezapadajícím do připravených kritérií tak, aby nedošlo

k opominutí žádných pozorovaných skutečností. Jednotlivě podrobně vyplněné mapovací formuláře byly použity jako strukturovaný zdroj informací pro vyhodnocení jednotlivých lokalit.

Pro kvalitní vymapování vytípaných úseků byla v každém mapovacím formuláři vložena mapa připravená v prostředí softwaru QGIS, pro zakreslení místa výskytu jednotlivých jevů

Jméno toku:	Modřišický potok		číslo toku:	1	
stručný popis toku:	upravený, zahrazený, napojený ličubřimský potoček koryto zarostlé trávou, ostřemí, pihva bez zrninové ramennice				
vlivy v korytě:	počet výskytů	vliv výskytů	vliv nivy:	pč. výskytů	vliv výskytu
mrtvé dřevo MD	—	1	bylinná BVN	10	4
živé dřevo ŽD	—	1	listnáč L	1	2
bylinná vegetace BV	10	4	jehličnan J	1	2
sešlap od zvěře Z	—	1	křoviny K	3	2
dnové sedimenty	charakter	zrno	v místě výskytu jevu zaznamenávat do mapy značky jevů (J, L)		
	hlin	jemn			
poznámky:	potok je vyšší po proudu zahrazený nicméně vždy od ústí, proto dále po proudu odle dřeva v ústí býval bez vody				

mapa pro zakreslování jednotlivých jevů, rozdělení po 10metrech



váha vlivu:

- | | |
|----------------|--|
| 1 žádný vliv | jev se v toku nevyskytuje |
| 2 mírný vliv | sporadický výskyt, ovlivnění toku je minimální |
| 3 střední vliv | na několika místě lokálně ovlivňuje tok |
| 4 významný | vliv se objevuje opakovaně, působí na kvalitu toku je zřejmý na první pohled |
| 5 určující | sledovaný jev určuje kvalitu a podobu toku |

datum:

Obrázek 12- ukázka vyplněného mapovacího listu

- Terénní práce probíhaly postupně v zimě 2021 až v zimě 2022, s ohledem na stav vegetace a množství srážek. Průzkum drobných vodních toků je vhodné provádět v období vegetačního klidu, ne však v období sněhu a mrazu, kdy drobné toky snadno zamrznou a pohyb vody ustane.



Obrázek 13 - koryto vodního toku zdánlivě bez vody, únor 2021

V letních měsících sledování drobných vodních toků komplikují bujné porosty ruderální vegetace v bezprostřední blízkosti koryt vodních toků. Plně zapojené porosty místy neumožní přístup k toku, samotné koryto není vidět. Jednotlivé sledované jevy není možné kvalitně fotograficky zdokumentovat.

Terénní práce probíhaly v roce bohatém na srážkové úhrny, drobné vodní toky, které byly v předcházejících letech vyschlé měly i v letních měsících 2021 poměrně stálé průtoky, nebylo možné vysledovat vliv renaturačních procesů na vyschlé vodní toky v dané lokalitě.

Samotné terénní práce spočívaly v pozorování, měření a pořizování fotografické dokumentace k jednotlivým sledovaným úsekům.

Nejprve byly sledovány parametry toku a nivy pro potřeby vyhodnocení potenciálu přirozené dynamické rovnováhy vodního toku dle požadavků WFD s ohledem na klasifikaci toku a nivy pomocí vyhodnocovacího softwaru fluvialmorphology.cz firmy Šindlar s.r.o.

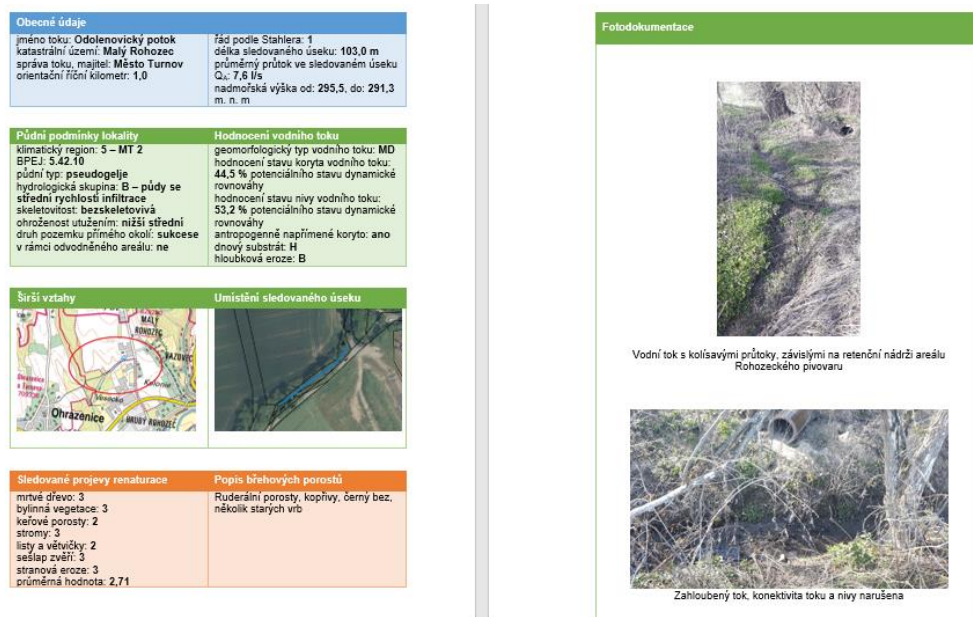
V další fázi bylo sledováno, zda se v toku vyskytují či nevyskytují stromy, keře, jak je rozvinutá bylinná vegetace. Sledovány a popsány byly i akumulace mrtvého dřeva v korytě, přítomnost drobných větviček a spadaného listí, tvořící méně objemné, avšak v poměru k velikosti sledovaných vodních toků také významné akumulace. Dalším sledovaným aspektem byly zvířecí stezky a jejich působení na koryta a břehy sledovaných toků.

Jednotlivé jevy byly spočítány, popsány, změřeny a zaznamenány do mapovacího formuláře.



Obrázek 14 - měření výšky hladiny pomocí jednoduchého dřevěného měřidla

- Po ukončení terénních prací byly sebrané informace z terénu uspořádány a vyhodnoceny.
- Všechny vytipované úseky byly nejprve vyhodnoceny dle Metodiky odboru ochrany vod, která stanovuje postup hodnocení vlivů opatření na vodních tocích a nivách na hydromorfologický stav vod a pomocí vyhodnocovacího softwaru fluvialmorphology.cz firmy Šindlar s.r.o.
- Byl vypracován Katalogový list pro jednotlivé sledované úseky. List obsahuje všechny relevantní údaje o sledovaném toku, popis sledovaných jevů (Kopp et Raška, 2017), hodnocení váhy vlivu sledovaných jevů a mapový podklad se zákresem umístění jednotlivých jevů a fotografie dobře reprezentující danou lokalitu



Obrázek 15 - ukázka katalogového listu, celý katalog toků –viz Příloha č. 1

V katalogovém listu jsou uvedeny výše popsané sledované jevy, dále klimatický region, pedologické podmínky, ale i návaznost na management okolí –způsob využití zemědělské půdy, lesní hospodaření či blízkost intravilánu.

Pro stanovení řádu vodního toku použít relativní klasifikaci dle Stahlera, kdy nejmenší tok je od pramene klasifikován číslem 1, po soutoku dvou toků 1. řádu klasifikujeme tok řádem č. 2, 3. řád vzniká po soutoku dvou toků 2. a tak dále (Galia et al. 2017). Absolutní řádovost, např. Graveliova, kdy je číslem 1 označen tok, vlévající se do moře se pro popis nedrobnějších vodních toků jeví jako nevhodný (Křivánek, 2014).



Obrázek 16 - znázornění principu relativní řádovosti dle Stahlera (Hydro.upol.cz, [15.2.2022])

- Z jednotlivých listů byl vypracován katalog reprezentativních úseků vybraných vodních toků v krajině Turnovska – viz **Příloha č. 1**

- Posbírané, katalogizované informace o jednotlivých sledovaných úsecích byly vyhodnoceny, byly porovnány výsledky váhy vlivů u jednotlivých sledovaných jevů renaturace s výsledky hodnocení HMF stavu toku a nivy dle Šindlara (www.fluvialmorphology.cz) a výsledky byly přehledně uspořádány.
- Z jednotlivých výsledků byl sledován vliv managementu přímého okolí na vodní toky, byly porovnány výsledky GMF hodnocení toku i nivy a celkového projevu renaturace na toky rozdělené do skupin – toky zemědělské, toky lesní a toky pod přímým vlivem intravilánu.
- Na základě zjištěných skutečností o způsobu a míře ovlivnění vodních toků biotickými vlivy byly navrženy 4 možnosti řešení problému rychlého odtoku vody z krajiny podporou renaturačních procesů v korytech drobných vodních toků v polní krajině.
- Sledované úseky vytipovaných vodních toků byly po celý rok 2021, kdy probíhal terénní průzkum zavodněné. V předchozích letech probíhal předběžný průzkum sledovaných toků, mnoho úseků bylo v letních měsících bez vody. Sledování chování vodních toků bez průtoků nebylo v roce 2021, ani v zimních a jarních měsících roku 2022 možné.

6 Výsledky mapování drobných a periodických vodních toků Turnovska a jejich vyhodnocení

6.1 Výsledky vyhodnocení dle Metodiky odboru ochrany vod

Vytipované úseky byly vyhodnoceny dle Metodiky odboru ochrany vod, která stanovuje postup hodnocení vlivů opatření na vodních tocích a nivách na hydromorfologický stav vod, pomocí vyhodnocovacího softwaru fluvialmorphology.cz. hodnotící procentuálně vyjádřené dosažení stavu dynamické rovnováhy vodního toku. Klasifikace hodnocení viz tabulka č.2.

HMF stav toku, nivy (%)	Klasifikace stavu vodního toku, nivy
0-20	Zničený tok, nivy
20-40	Poškozený vodní tok, niva
40-60	Střední stav toku, nivy
60	Hranice dobrého HMF stavu
60-80	Dobrý stav toku, nivy
80-100	Velmi dobrý stav toku, nivy

Tabulka 2– klasifikace hodnocení kvality vodního toku (MŽP, 2008)

Výsledky hodnocení všech sledovaných kritérií jsou uvedeny v tabulkách č. 3 a 4

GEOMORFOLOGICKÉ HODNOCENÍ STAVU VODNÍHO TOKU			hodnocení stavu koryta vodního toku					
číslo toku	jméno toku	geomorfologický stav vodního toku	HMF a splaveninový režim %	morfologie trasy a korytové procesy %	morfologie koryta %	ovlivnění vývoje podélného profilu a migrační prostupnost vodního toku %	výsledné hodnocení vodního toku %	dosahuje/ nedosahuje úrovně požadované WFD
1	Ohrazenický potok	MD	50	7,5	17,7	73,2	26	NE

2	Odolenovický	MD	50	29,7	45,1	81,7	44,5	NE
3	Modříšický potok	MD	25,6	15	37,4	100	34,4	NE
4	mel. odpad Karlovice	MD	50	20	39,6	100	41,2	NE
5	Kadeřávka (Markův kout)	BR	100	39,2	68,9	100	74	ANO
6	Kadeřávka (Kalužník)	AB	50	20	50,9	100	45,5	NE
7	Čtveřínský potok	GB	50	22,7	52,7	81,7	46	NE
8	Čertoryje	MD	100	98,5	98,8	100	99	ANO
9	bezejmenný Podloktuše	MD	100	22,2	54,5	100	54,4	NE
10	bezejmenný Jezírka	MD	100	40,8	58,6	100	63,8	ANO
11	bezejmenný Lestkov	MD	50	0	2,9	21,7	12,1	NE
12	bezejmenný Klokočí	BR	9,4	20,8	39,7	70	27,7	NE
13	bezejm. u kempu Sedmihorky	BR	100	49,2	77,9	100	79,2	ANO
14	bezejmenný Rybníčky	GB	76,2	27,5	53,7	100	58,5	NE
15	bezejmenný letiště Všeň	MD	76,2	20	50,9	100	49,3	NE
16	Prdlavka	AB	100	30,8	55,2	100	60,7	ANO
17	Pěnčínský potok	MD	76,2	15	39,1	100	43,6	NE
18	bezejmenný Hlobilovi	BR	35,6	7,5	41,5	100	36,4	NE
19	bezejmenný u Králíčku	MD	76,2	15	46,9	100	46,1	NE
20	bezejmenný pod prameny u koupaliště Sedmihorky	GB	100	81,2	98,8	100	93,9	ANO
Celkové průměrné hodnocení			68,7	29,1	51,5	91,4	51,8	NE

Tabulka 3 – GMF hodnocení stavu vodního toku, HMF hodnocení stavu vodního toku

Hodnocení stavu nivy vodního toku

číslo toku	jméno toku	odklon využití údolní nivy nebo svahů údolí od přírodního stavu - %	ekologické vazby toku a údolní nivy %	vliv okolní krajiny %	výsledné vyhodnocení nivy - %	dosahuje/ nedosahuje úrovně požadované WFD
1	Ohrazenický potok	88,7	20	26,1	55,3	NE
2	Odolenovický	84,6	20	26,1	53,2	NE
3	Modříšický potok	26,1	13	26,1	21,5	NE
4	mel. odpad Karlovice	88,7	7,9	50	54,6	NE
5	Kadeřávka (Markův kout)	100	28,7	100	75	ANO
6	Kadeřávka (Kalužník)	53,5	28,7	38,1	42,2	NE
7	Čtveřinský potok	26,1	40,8	26,1	31,3	NE
8	Čertoryje	100	63,7	100	87,3	ANO
9	bezejmenný Podloktuše	84,6	33,8	65,2	63,9	ANO
10	bezejmenný Jezírka	100	24,4	80,5	70,6	ANO
11	bezejmenný Lestkov	80,5	40	65,2	64	ANO
12	bezejmenný Klokočí	90,2	16,2	65,2	60,6	ANO
13	bezejm. u kempu Sedmihorky	88,7	28,7	80,5	66,5	ANO
14	bezejmenný Rybníčky	88,7	28,7	50	61,9	ANO

15	bezejmenný letiště Všeň	26,1	40	26,1	31	NE
16	Prdlavka	57,4	73	80,5	66,4	ANO
17	Pěňčinský potok	26,1	10,3	26,1	20,6	NE
18	bezejmenný Hlobilovi	26,1	33,8	50	32,4	NE
19	bezejmenný u Králíčku	88,7	45,9	80,5	72,5	ANO
20	bezejmenný pod prameny u koupaliště Sedmihorky	100	89	100	96,1	ANO
Celkové průměrné hodnocení		71,2	34,3	58,1	56,3	NE

Tab. 4 – vyhodnocení HMF stavu nivy

6.1.1 Sledovaná kritéria hodnocení vodního toku dle Metodiky odboru ochrany vod:

GMF typ vodního toku – 11 z hodnocených toků je meandrujícího typu, jedná se většinou o vodní toky v rovinaté zemědělské krajině.

HMF a splaveninový režim vodního toku – hodnotí ovlivnění korytotvorných průtoků odběry vody do náhonů či derivačních nádrží, čerpáním technologických vod a ovlivnění splaveninového režimu objekty narušujícími chod splavenin, a to nejen na konkrétním sledovaném úseku, ale i na navazujících přítocích. (Šindlar, 2012). Průměrná míra ovlivnění tohoto ukazatele na sledovaných tocích **68,77 %**.

Morfologie trasy a korytové procesy – hodnotí míru zachování přirozeného vývoje trasy hlavního koryta, morfologii trasy, akumulaci plaveného dřeva, výskyt a zachování přirozeného vývoje nivních ramen (Šindlar, 2012). Z výsledků v tabulce č. 3 vyplývá že největší ovlivnění vodních toků Turnovska je v morfologii trasy a korytotvorných procesech, průměrná hodnota tohoto ukazatele na sledovaných tocích je **29,13 %**. Velmi nízké hodnoty tohoto ukazatele vystihují nepřímo úměrně míru antropogenního ovlivnění toků v zemědělské krajině.

Morfologie koryta – rozsah případné úpravy, příčný řez, podélný profil, opevnění obou břehů a opevnění dna. Další sledovaný parametr této kategorie je akumulace plaveného dřeva a aktuální opevnění(Šindlar, 2012). Ve sledovaných úsecích je průměrná hodnota morfologie koryta **51,54 %** dynamické rovnováhy. Ani tento dílčí parametr nesplňuje požadavky WFD pro dobrý stav vodních toků. Podélné profily toků v zemědělské krajině jsou lichoběžníkového profilu, podélný profil je napřímením toků pravidelný, bez potřebného střídání hlubších a mělčích míst dle GMF stavu toku.

Ovlivnění vývoje podélného profilu a migrační prostupnost – hodnotí objekty vzdouvání toku v úseku, ovlivnění migrační prostupnosti úseku, migrační významnost toku (Šindlar, 2012) Tento sledovaný parametr vykazuje nejlepší výsledky. U sledovaných drobných toků nebyl zaznamenán žádný případ vzdutí a migrační překážky vlivem zavzdutí. Migrační překážky byla zjištěny pouze na dvou tocích a byly způsobeny technickou úpravou, souvislou úpravou dna betonovými žlabovkami s minimálním vodním sloupcem a na Ohrazenickém potoku a zatrubněném bezejmenného toku v Lestkově. Toky nejnižších řádů do délky 1 km jsou hodnoceny jako migračně bez významu a toky s délkou od 1 do 4 km mají pouze lokální významnost (Šindlar, 2012). Průměrná hodnota tohoto ukazatele na sledovaných úsecích vodních toků je **91,4 %**.

6.1.2 Sledovaná kritéria hodnocení nivy:

Odklon využití údolní nivy od přírodního stavu – hodnotí odklon nivy od přírodního stavu na obou březích vodního toku (Šindlar, 2012). Krajina Turnovska tvoří poměrně pestrou mozaiku zemědělských a přírodě blízkých stanovišť. (Löw, 2014) to příznivě ovlivnilo parametr odklonu využití nivy od přírodního **stavu 71,24 %**. Tento parametr má v rámci hodnocení nivy nejlepší výsledek.

Ekologické vazby toku a údolní nivy – hodnotí provázanost poříční zóny na vodní tok, možnost rozlivu povodňových vod do nivy a stupeň oddělení nivy od toku(Šindlar, 2012) – pouze tři sledované toky nevykazují žádné známky zahloubení. U 10 úseků je konektivita toku a nivy významně narušena. Celková průměrná hodnota tohoto parametru je **34,33 %**.

Vliv okolní krajiny – hodnotí způsob využití krajiny, přítomnost zástavby či naopak biologicky či ekologicky cenných území, (Šindlar,2012), Pět sledovaných toků

prochází bloky orné půdy, šest je v intravilánu, či v jeho blízkosti, ovlivňující kvalitu nivy – tento parametr dosahuje hodnoty pouze **58,1 %**.

Z hlediska hodnocení vodních toků Turnovska na základě Zjednodušené metodiky stav požadovaný dle WFD, vodní toky dosahují průměrné úrovně – 51,82 % a jejich nivy 56,34 %.

rozdělení toků dle HMF stavu toku a nivy		
	číslo vodního toku	
stav	tok	niva
zničený	11	0
poškozený	1, 3, 12, 18	3, 7, 15, 17, 18
střední stav	2, 4, 6, 7, 9, 14, 15, 17, 19	1, 2, 4, 6
dobrý stav	5, 10, 13, 16,	5, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 19
velmi dobrý	8, 20	8, 20

Tabulka 5 rozdělení toků dle HMF stavu

6.2 Výsledky sledování projevů renaturace ve vodních tocích

6.2.1 Vliv mrtvé dřevní hmoty v korytě vodního toku

Mrtvé dřevo významně podporuje renaturaci vodního toku. Akumulace mrtvého říčního dřeva způsobují rozdělení proudnice na několik menších s menší unášecí silou. Zadržují rostlinné zbytky i splaveniny, podporují vznik vymělčených míst nad těmito akumulacemi. Ty jsou zároveň i vhodným habitatem pro řadu vodních organismů. Na povrchu rozkládajícího se říčního dřeva prosperují bentické organismy (Máčka et Krejčí, 2011).

Mrtvá dřevní hmota významně podporuje samočistící schopnost vody.

Nad akumulacemi mrtvého dřeva se vlivem zpomalení proudu a poklesu jeho unášecí síly usazují splaveniny, vodní tok se v místě tohoto procesu vyměľčuje (Máčka et Krejčí, 2011).



Obrázek 17 - akumulace mrtvého dřeva, tok č. 13 – bezejmenný u kempu Sedmihorky

váha vlivu	projev vlivu
1	Významné akumulace mrtvého dřeva v korytě
2	Výskyt dřevní hmoty je běžný, není dominantní
3	Dřevní hmota se v korytě vyskytuje, chování toku ovlivňuje středně
4	Dřevní hmota se vyskytuje sporadicky, ovlivňuje tok minimálně
5	Dřevní hmota se nevyskytuje, ovlivnění toku je nulové

Tabulka 6- dřevní hmota

Na jednom ze sledovaných úseků se objevují významné akumulace mrtvé dřevní hmoty, způsobují viditelné snížení rychlosti proudění, proudnice se rozděluje na několik menších s nižší unášecí silou. Nad akumulacemi jsou patrné vyměľčené úseky. Pod akumulacemi se místy tvoří drobné tůňe.

V pěti sledovaných úsecích se mrtvá dřevní hmota běžně vyskytuje, její vliv už není tak silný, přesto pozitivně působí na chování toku, vyměľčené úseky přispívají k diverzifikaci podélného profilu toku.

V sedmi sledovaných úsecích se dřevní hmota vyskytuje méně, pozitivní ovlivnění celého sledovaného úseku není tak podstatné, v místech akumulace je však patrné.

Ve čtyřech sledovaných úsecích je výskyt jen sporadický, sledovaný úsek ovlivňuje minimálně, i zde je však vysledovatelný pozitivní vliv, drobné vyměščení úseku nad akumulací.

Ve třech sledovaných úsecích se dřevní hmota nevyskytuje vůbec

V průměru se **dřevní hmota ve sledovaných tocích vyskytuje a váha jejího ovlivnění toků je na úrovni hodnocení 3,2 – střední.**

Potenciál pozitivního vlivu dřevní hmoty ve sledovaných tocích je nevyužitý.

6.2.2 Bylinná vegetace

Bylinná vegetace porůstá břehové hrany, v místech s mírným prouděním vrůstá až do toku. Rostliny dobře snášející zamokřené prostředí rostou i pod hladinou vodních toků a přirozeným způsobem, postupným přirůstáním rostlinné hmoty zpevňují dno a zároveň jej vyměščují. V místech, kde dojde k sesuvu půdy do koryta toku, byliny rychle obsadí nové prostředí a kořenovým systémem půdu zapracují do koryta toku, koryto alespoň pomítně stabilizují a podpoří stranový pohyb proudnice, podpoří tím stranovou erozi a oslabí erozi hloubkovou. V místě s rozvinutou bylinnou vegetací lze předpokládat následný rozvoj keřového i stromového patra.

V upravených tocích lichoběžníkového profilu, napřímených a zahloubených bez břehových porostů je bylinná vegetace jediný faktor zřetelně podporující proces renaturace.



Obrázek 18– projev renaturace podpořený působením bylinného patra, Modříšický potok

váha vlivu	projev vlivu
1	Bylinná vegetace porůstá celé koryto toku, významně ovlivňuje charakter toku
2	Bylinná vegetace roste ve značné části koryta, má silný vliv
3	Bylinná vegetace roste střídavě, středně ovlivňuje tok
4	Bylinná vegetace se vyskytuje pouze sporadicky, má nevýznamný vliv
5	Bylinná vegetace se nevyskytuje, nemá žádný vliv na charakter toku

Tabulka 7- bylinná vegetace

Ve třech sledovaných tocích má bylinná vegetace významný vliv na charakter vodního toku, silné trsy travin ovlivňují i trasu vodního toku.

V šesti případech bylinná vegetace zarůstá značnou část koryta vodního toku, pozitivně ovlivňuje chování vodního toku, přibývající rostlinná hmota podporuje vyměšování vodního toku, přispívá k rozvlnění proudnice.

Ve čtyřech případech je ovlivnění vodního toku bylinným patrem střídavé, středně ovlivňuje tok, v místech výskytu silnějších travin ovlivňuje směr proudnice, vyměšování již není výrazné.

Ve třech případech se bylinná vegetace vyskytuje sporadicky a má minimální vliv na vodní tok.

Ve čtyřech případech se bylinná vegetace v toku nevyskytuje a nemá žádný vliv na vodní tok.

V průměru je vliv bylinné vegetace na úrovni **váhy vlivu 2,6**, ovlivňuje sledované vodní toky mírně nadprůměrně, **renaturační potenciál bylinné vegetace není plně využit.**

6.2.3 Keřové porosty

Vliv keřových porostů na vodní tok je z hlediska renaturace významné. Nadzemní části dotují vodní tok mrtvým dřevem, odpadlé větve či odumřelé rostliny spadlé do toku rozdělují proudnici, akumulace mrtvého dřeva zadržují drobný rostlinný materiál, spadlé listí.

Živé rostliny vrůstající do toku upravují proudění, podporují stranový pohyb vodního koryta, kořenové systémy významně přispívají ke stabilizaci dna. Přibývající rostlinná hmota způsobuje vymělčování toku. Kořenové systémy vytváří vhodné prostředí pro prosperitu bentických organismů významně působících na samočisticí schopnost vody.

Drobné větvičky a spadlé listí zachycují i zbytky odumřelých částí bylinné vegetace, to umožňuje další vývoj bylinné vegetace, spolupůsobí pozitivně při renaturační proces



Obrázek 19 – keřové porosty prorůstající koryto vodního toku, tok č. 9 – bezejmenný Podloktuše

váha vlivu	projev vlivu
1	Keřové porosty přímo ovlivňují koryto vodního toku, vliv je významný, určující
2	Keřové porosty ovlivňují silně vodní tok
3	Keřové porosty mají střední vliv na vodní tok
4	Keřové porosty mají pouze pomístní vliv na chování vodního toku
5	Keřové porosty nemají žádný vliv na vodní tok

Tabulka 8- keřové porosty

Keřové porosty nemají přímý, určující vliv na žádný sledovaný tok

V osmi případech keřové porosty silně ovlivňují vodní tok, kořenové systémy vrůstající do koryta zpevňují dno toku, působí pozitivně proti zahlubování toku, zabraňují zpětné erozi.

Ve třech případech mají keřové porosty střední vliv na vodní tok, na několika místech sledovaného úseku vrůstají keře do koryta vodního toku, který pomístně vymělčují.

Ve třech sledovaných úsecích se keřové porosty objevují sporadicky a mají na vodní tok minimální vliv.

V šesti sledovaných tocích se keřové porosty nevyskytují vůbec, nemají žádný vliv na vodní tok.

V průměru ovlivňují keřové porosty sledované vodní toky na úrovni **váhy vlivu 3,3**, **renaturační potenciál je využit spíše mírně podprůměrně.**

6.2.4 Stromy

Stromy hrají v procesu renaturace obecně významnou roli. Nadzemní část zastiňuje tok, snižuje výpar, dotuje vodní toky mrtvým dřevem, většími větvemi, drobnými větvičkami, spadlým listím, Spadlé větve a listí tvoří akumulace dřevní hmoty pozitivně ovlivňující vodní toky.

Kořenové systémy zpevňují dno i břehy, působí proti nežádoucí hloubkové erozi, jsou schopny účinně zastavit zpětnou erozi. Kořenové systémy zároveň poskytují vhodné podmínky celé řadě vodních organismů. Na kořenových systémech

prosperují bentické organismy zprostředkující samočistící schopnost vody ve vodních tocích kulturní krajiny trpících eutrofizací způsobenou erozními smyvy.

Mohutné kořenové systémy přispívají ke stabilizaci podélného i příčného profilu toku, diverzifikaci koryta, vytváří úkrytové příležitosti, v hlubších tůních pod kořenovými systémy se udržuje vody i v suchých obdobích.

Stromy rostoucí přímo v korytě významně ovlivňují trasu drobných vodních toků, v lesních porostech mají určující charakter.



Obrázek 20 – stromy určující trasu vodního toku, vodní tok č. 10 – bezejmenný Jezírka

váha vlivu	projev vlivu
1	Stromy mají významný, určující vliv
2	Stromy mají silný vliv
3	Stromy mají střední vliv na kvalitu toku
4	Stromy mají malý, nevýznamný vliv
5	Ve vodním toku se stromy nevyskytují

Tabulka 9- stromy

Ve dvou sledovaných úsecích mají stromy významný, určující vliv. Stromy vyrůstají přímo z koryta vodního toku, dotují tok mrtvým dřevem, kořenové systémy významně vymělčují tok, mohutné kmeny upravují a stabilizují trasu vodního toku, její příčný i podélný profil.

V pěti sledovaných úsecích mají stromy silný vliv, kmeny vyrůstající z koryta vodního toku ovlivňují trasu a stabilizují koryto.

Ve třech sledovaných tocích je vliv pouze střední, stromy se vyskytují ve vodním toku, či v nejbližším okolí. Vodní tok je pomístně dotován mrtvým dřevem, několik stromů roste přímo z koryta.

V jednom toku se stromy vyskytují sporadicky, vodní tok ovlivňují minimálně.

V devíti tocích se stromy nevyskytují, tok jimi není ovlivněn.

Průměrná hodnota ovlivnění vodních toků stromy je na úrovni **váhy vlivu 3,25**, **renaturační potenciál je ve sledovaných tocích využit podprůměrně.**

6.2.5 Listy a větvičky

Spadlé listí a drobné větve stromů a keřů spolu s dalším odumřelým rostlinným materiálem pozitivně ovlivňují renaturační procesy, v drobných a periodických vodních tocích vytvářejí rozměrově ne příliš velké, vzhledem k velikosti koryt sledovaných toků však významné akumulace schopné zpomalit a rozdělit proudnici. Nad těmito akumulacemi dochází k usazování splaven a postupnému vymělčování vodního toku. V těchto místech se dobře uchycuje vegetace dále pozitivně působící na renaturační proces.



váha vlivu	projev vlivu
1	Listy a drobné větvičky se vyskytují v celé délce sledovaného toku, jejich akumulace mají určující charakter
2	Listy a drobné větvičky se vyskytují pravidelně, mají silný vliv na charakter toku
3	Listy a drobné větvičky se v toku nacházejí, vliv je střední
4	Listy a drobné větvičky se ve vodním toku nacházejí sporadicky, jejich vliv je minimální
5	Listy a drobné větvičky se v toku nevyskytují

Tabulka 10- listy a větvičky

V žádném sledovaném úseku nemají drobné větvičky a spadané listí určující charakter.

V sedmi tocích se listy a drobné větvičky vyskytují pravidelně, mají silný vliv na kvalitu toku. Vytváří se menší akumulace tvořené větvičkami, mezery mezi nimi jsou zaplněny tlejícím listím ze stromů a keřů. Nad těmito akumulacemi se usazují splaveniny a vymělčuje se tok.

Ve čtyřech sledovaných úsecích se listy a větvičky nacházejí, drobné akumulace zpomalují rozdělují proudění, tok se mírně vymělčuje.

V šesti případech je množství větviček a listí minimální, vliv na tok je minimální.

Ve třech případech se větvičky a listí v toku nevyskytuje, neovlivňují vodní tok.

Průměrná hodnota váhy vlivu drobných větví a opadaného listí je na hodnotě 3,25, sledovaný jev podporuje renaturaci toku.

6.2.6 Sešlap zvěří

Na frekventovaných migračních stezkách, či v místech napajedel zvěře jsou břehové hrany a koryto vodního toku rozrušené a rozšlapané. Dochází ke zmenšení sklonu břehu a místnímu vymělčení toku. Sešlap břehů vnáší do toku nejen jemné splaveniny pro tok negativní, ale i hrubozrnnější substrát. Ten se v tocích v zemědělské krajině vyskytuje minimálně, proto i tato drobná pomístní dotace působí ve vodních tocích pozitivně, vytvářením drobných brodů.

Tyto jevy se ve vodních tocích nevyskytují tak často jako jiné, hodnotící škála je však také pěti bodová, poukazuje pouze na množství výskytu jevu, ne na celkové ovlivnění vodního toku sešlapem od zvěře.

Množství výskytů těchto jevů se odvíjí od hustoty migračních stezek zvěře, nemá přímou souvislost na management krajiny.



Obrázek 22 – vyměščený vodní tok na migrační stezce, tok č. 14 – bezejmenný Rybníčky

váha vlivu	projev vlivu
1	Významný vliv
2	Vyskytuje se pravidelně
3	Pomístní vliv
4	Vyskytuje se minimálně
5	Nevyskytuje se

Tabulka 11- sešlap zvěří

Sešlap zvěří nemá významný, určující vliv na žádném ze sledovaných úseků vodních toků.

V pěti sledovaných úsecích se sešlap břehů zvěří vyskytuje pravidelně, způsobuje drobné vymělčení, transport splavenin do toku. Po odplavení nejjemnějších částic zůstává v toku hrubozrnnější substrát, dochází k vytváření drobných brodů přirozeně se vyskytujících ve vodních tocích.

V sedmi tocích se sešlap od zvěře vyskytuje na několika místech, má pouze pomístní vliv.

V pěti tocích se sešlap zvěří vyskytuje minimálně, vliv na vodní tok je minimální.

Ve třech sledovaných úsecích se jev nevyskytuje.

Průměrná váha vlivu výskytu sešlapu koryta zvěří je na **hodnotě 3,3, vliv na renaturaci toků je spíše nevýznamný**, přesto se dá označit za pozitivní vliv, zejména v místech, kde chybí ostatní vlivy podporující renaturaci. v polní krajině.

6.2.7 Stranová eroze

Stranová eroze je přirozeným projevem dynamického vývoje vodního toku.

U antropogenně ovlivněných toků lze stranovou erozi považovat za projev renaturace – její vliv pozitivně působí na návrat k přirozenějšímu chování vodního toku. Stranový pohyb dotuje tok přirozeným množstvím splavenin. Energie spotřebovaná na stranovou erozi nezpůsobuje nežádoucí zahlubování toku.

V kulturní krajině bývá stranová eroze nazírána často negativně, bývá potlačována technickými úpravami tak, aby nedocházelo k migraci koryta vodního toku a jeho případného střetu s objekty technické infrastruktury či lidskými sídly.

Stranová eroze – pokud jsou břehy tvořeny nesoudržnými horninami je stranová eroze hlavním zdrojem splavenin (Simon et Rinaldi, 2006).



Obrázek 23- probíhající stranová eroze, tok č. 12 – bezejmenný Klokočí

váha vlivu	projev vlivu
1	Stranová eroze probíhá v souladu s GMF typem vodního toku v plné výši
2	Stranová eroze probíhá v souladu s GMF typem vodního toku, je pouze pomístně usměrněná technickou úpravou
3	Stranová eroze probíhá omezeně, střídá se s technickou úpravou cca na polovině toku
4	Stranová eroze probíhá pouze v minimálním rozsahu, vodní tok ovlivňuje minimálně
5	Stranová eroze neprobíhá, technická úprava plně ovlivňuje chování vodního toku

Tabulka 12- stranová eroze

Pouze v jednom toku probíhá stranová eroze plně v souladu s GMF typem sledovaného vodního toku.

V pěti sledovaných úsecích stranová eroze probíhá, místy je však omezená technickou úpravou.

V šesti tocích stranová eroze probíhá, na cca polovině trasy je však omezená technickou úpravou, či v toku dochází k zahlubování.

V pěti napřímených, zahloubených tocích dochází ke stranové erozi ve velmi malé míře.

Ve třech sledovaných tocích vlivem technické úpravy nedochází k žádným projevům stranové eroze.

Průměrná hodnota váhy vlivu sledovaného jevu je na úrovni 3,15, renaturační potenciál stranové eroze je ve sledovaných tocích využit mírně podprůměrně.

číslo toku	jméno toku	mrtvé dřevo	bylinná vegetace	keřové porosty	stromy	listy a větvičky	sešlap zvířít	stranová eroze	průměrná hodnota
1	Ohrazenický potok	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Odolenovický potok	3	3	2	3	2	3	3	2,71
3	Modřišický potok	5	1	5	5	4	2	4	3,71
4	mel odp. Karlovice	4	2	4	5	4	2	4	3,57
5	Kadeřávka (Markův kout)	2	4	3	1	2	2	2	2,28
6	Kadeřávka (Kalužník)	3	3	2	2	3	4	3	2,85
7	Čtveřínský potok	3	2	2	2	3	3	3	2,57
8	Čertoryje	1	2	3	3	1	3	1	2
9	bezejm. Podloktuše	2	2	2	2	2	3	3	2,28
10	bezejm. Jezírka	2	1	2	1	1	4	2	1,85
11	bezejm. Lestkov	5	5	5	5	5	5	5	5
12	bezejm. Klokočí	3	4	4	4	4	4	3	3,71
13	bezejm. u kempu Sedmihorky	2	3	2	1	1	2	2	1,85
14	bezejm. Rybníčky	3	1	2	5	2	2	3	2,57

15	bezejm. letiště Všeň	3	1	3	3	3	3	4	2,85
16	Prdlavka	4	2	2	2	2	4	2	2,57
17	Pěňčinský potok	3	2	4	4	3	3	4	3,28
18	bezejm. Hlobilovi	5	5	5	5	4	5	5	4,85
19	bezejm. U Králíčku	4	1	5	5	3	4	3	3,57
20	bezejm. pod prameny u koupaliště	2	3	4	2	2	3	2	2,57
	průměrné hodnoty	3,2	2,6	3,3	3,25	2,8	3,3	3,15	3,08

Tab. č. 13 – tabulka významnosti jednotlivých renaturačních vlivů ve sledovaných úsecích vodních toků Turnovska

6.2.8 Spojené působení různých projevů renaturace:

Jednotlivé, výše popsané projevy renaturace mají pozitivní vliv na chování vodního toku – pomalým působením se toku obnovují přirozené procesy. Ve vodních tocích, v jejichž korytech bylo pozorováno několik různých renaturačních procesů zároveň jsou výsledky působení renaturace výraznější.

Kořenové systémy keřového i stromového patra významně přispívají ke zlepšení stavu vodních toků, brání zahlubování toků, mezi kořeny se ukládá substrát, zachytává se mezi nimi listí, drobné větvičky, vše dohromady vymělčuje tok, upravuje i stranovou erozi, ta ale není většinou negativní.

Renaturace nejlépe prosperuje, pokud se sejde víc faktorů naráz – v povodí jsou vzrostlé stromy, keřové patro je rozvinuté a bylinná vegetace vrůstá až ke hladině toku, stromy a keře dotují tok mrtvým říčním dřevem, mezi nimi se zachytává drobnější rostlinný materiál, ale i poměrně velký objem biomasy rákosu.

U nejdrobnějších toků hrají roli i drobné větve a spadané listí, dokáží významně ovlivnit vodní tok.

Pod stromy bývají i zvířecí napajedla a migrační stezky, zvěř v místě stezky rozšlapává břehy, tím se sice do toku dostávají jemné splaveniny, které negativně ovlivňují tok níže po proudu, zároveň ale dochází ke zmenšení sklonů břehů. Po vyplavení jemných částic zůstává v místě stezky hrubozrnnější substrát.



Obrázek 24- synergické působení jednotlivých jevů – vliv keřového patra a sešlapu břehových hran na migrační stezce, tok č. 14- bezejmenný Rybníčky



Obrázek 25— synergické působení stranové eroze a sešlapu koryta v místě migrační stezky, tok č.13, bezejmenný u kempu Sedmihorky

váha vlivu	projev vlivu
1	Probíhají přirozené procesy v plné výši
2	Přírodě blízký tok, pouze nízké antropogenní ovlivnění
3	Renaturace probíhá, nemá dominantní charakter
4	Pouze pomístní projevy renaturace

5	Žádné známky renaturace
----------	--------------------------------

Tabulka 34- spojené působení jednotlivých projevů renaturace

Ve dvou sledovaných úsecích probíhají přirozené procesy renaturace v plné výši, významně ovlivňují chování vodního toku.

V sedmi případech se jedná o přírodě blízký tok, s nízkým antropogenním ovlivněním, renaturační procesy probíhají, jsou pouze pomístně oslabené.

V sedmi případech renaturace probíhá, nemá již dominantní charakter. Pozitivní působení je zřejmé.

Na dvou sledovaných úsecích proces renaturace probíhá pouze pomístně, chování vodního toku ovlivňuje minimálně.

Na dvou tocích nebyly vysledovány žádné projevy renaturace.

V průměru renaturace na sledovaných tocích probíhají na úrovni **váhy vlivu 2,8**, váha ovlivnění sledovaných vodních toků renaturací je střední, potenciál renaturace není plně využit.

6.3 Souhrn výsledků sledovaných projevů renaturace

sledovaný jev	průměrná hodnota
renaturace všeobecně	2,8
stranová eroze	3,15
mrtvé dřevo v korytě	3,3
bylinná vegetace	2,6
keřová vegetace	3,3
stromy	3,25
sešlap koryta zvěří	3,3
listy a drobné větvičky	2,8
průměrná hodnota	3,0625

Tabulka 15- průměrné hodnoty působení jednotlivých projevů renaturace

Jednotlivé projevy mají vždy nižší průměrnou hodnotu vlivu, než má celková renaturace sama o sobě. Pro podporu renaturace je výhodné, pokud v toku působí více sledovaných jevů současně.

6.4 Výsledky sledování vlivu managementu okolí na vodní toky:

Sledované úseky vodních toků byly na základy managementu okolí rozděleny na tři skupiny:

- Toky zemědělské krajiny, toky č. 1, 3, 4, 7, 9, 14, 15, 17
- Toky lesní, toky č. 5, 8, 10, 13, 16, 20
- Toky pod přímým vlivem intravilánu, toky č. 2, 6, 11, 12, 18, 19

6.4.1 Toky zemědělské krajiny

Jak vyplývá z výsledků v tabulce č. 16, jsou toky zemědělské krajiny výrazně ovlivněny. Průměrný HMF stav toků je 44,178 % stavu potenciální dynamické rovnováhy vodního toku a 42,5125 % HMF stavu nivy. Sledované projevy renaturace jsou v hodnotě váhy vlivu 3,2. Renaturační potenciál není využitý.

Trasy toků jsou napřímené, koryta zahloubená. Doprovodné břehové porosty se vyskytují spíše sporadicky, pokud se vyskytují, jedná se spíše o sukcesní keřové porosty (č. 14, 15. 9. 7.).

Orná půda sahá až k břehovým hranám, chybí i minimální nárazníkové pásmo pro zachytávání půdy z erozních smyvů (č.17). Renaturační proces tu je podpořen pouze bylinnou vegetací. V případě toku č. 4 je lichoběžníkové koryto zarostlé rákosem, tok č. 4 je také nejvýznamněji ovlivněn stezkami zvěře.

číslo toku	renaturace	tok % HMF	niva % HMF
1	5	26	55,3
3	3,714	34,4	21,5
4	3,57	41,2	54,6
7	2,27	46	54,6

9	2,286	54,4	63,9
14	2,57	58,5	61,9
15	2,86	49,3	31
17	3,28	43,6	20,6
Průměrné hodnoty	3,23	44,175	42,512

Tabulka 16- srovnání průměrné hodnoty renaturace ve sledovaných tocích s hodnotami procentuálního vyjádření potenciálního stavu dynamické rovnováhy vodního toku a nivy ve vodních tocích zemědělské krajiny

6.4.2 Toky lesní

Ze skupin vodních toků rozdělených dle managementu okolí dosahovaly lesní vodní toky nejlepších hodnot, viz tabulka č. 17. V tocích se pravidelně vyskytuje mrtvé dřevo, v korytech vodních toků rostou stromy i keře, dotující koryta vodních toků větvemi i opadanými listy. Bylinná vegetace není v lesních tocích příliš rozvinutá, nemá významný vliv.

číslo toku	renaturace	tok % HMF	niva % HMF
5	2,285	74	42,2
8	2	99	87,3
10	1,85	63,8	70,6
13	1,85	79,2	66,5
16	2,57	60,7	66,4
20	2,57	93,9	96,1
průměrné hodnoty	2,19	78,43	71,51

Tabulka 17– srovnání průměrné hodnoty renaturace ve sledovaných tocích s hodnotami procentuálního vyjádření potenciálního stavu dynamické rovnováhy vodního toku a nivy v lesních vodních tocích

6.4.3 Toky pod přímým vlivem intravilánu

Toky pod přímým vlivem intravilánu vykazují nejnižší hodnocení HMF stavu toku i nivy, renaturační potenciál sledovaných jevů je nevyužitý.

Jedná se o toky silně antropogenně ovlivněné, tok č. 11 je zatrubněný, zničený, u toku č. 1 byla na jaře 2021 obnovena technická úprava, koryto je opevněno

betonovými žlabovkami. Tok č. 12 je ve fázi akcelerované eroze, břehy jsou intenzivně vypásány, trpí erozí způsobenou kopyty. Tok č. 19 byl na jaře 2021 napřímen a zahlouben, aby nedošlo k zamokření okrasné zahrady u rodinného domu. Silné ovlivnění toků v přímé blízkosti intravilánu je často způsobeno neodbornými zásahy vlastníky pozemků, jimiž drobný vodní tok prochází, případně potřebou odvést vyšší průtoky od hranice intravilánu. Intenzivní péče o pozemky neumožňuje dotaci toků dřevem ani jiným rostlinným materiálem.

číslo toku	renaturace	tok % HMF	niva % HMF
6	2,85	45,5	42,2
11	5	12,1	64
12	3,71	27,7	60,6
18	4386	36,4	32,4
19	2,71	44,5	53,2
průměrné hodnoty	3,78	35,38	54,15

Tabulka 18– srovnání průměrné hodnoty renaturace ve sledovaných ocích s hodnotami procentuálního vyjádření potenciálního stavu dynamické rovnováhy vodního toku a nivy v tocích pod přímým vlivem intravilán

6.5 Shrnutí výsledků

Pro hodnocení vybraných úseků drobných vodních toků krajiny Turnovska byl použit vyhodnocovací software fluvialmorphology.cz, hodnocení bylo doplněno klasifikací hodnot jednotlivých projevů renaturace. Průměrná hodnota projevu renaturace byla graficky porovnána s MHF hodnocením dle Šindlara (fluvialmorphology.cz) – výsledné hodnocení toku a nivy u jednotlivých toků.

Bodové hodnocení škály projevů renaturace bylo převedeno na stupnici 0 (nejnižší hodnota) – 100 (nejvyšší hodnota) tak, aby byla umožněna vizualizace výsledků.

Byl proveden výpočet korelace mezi jednotlivými hodnotami – viz tabulky č. 19 a č. 20. Z výsledků v tabulce č. 19 vyplývá nejužší vztah mezi morfologií koryta vodního toku a množstvím mrtvého dřeva v toku, množstvím větviček a listů a stranovou erozí.

	HMF a splaveninový režim %	morfologie trasy a korytové procesy %	morfologie koryta %	ovlivnění vývoje podélného profilu a migrační prostupnost vodního toku %	výsledné hodnocení vodního toku %
mrtvé dřevo %	0,6537	0,7698	0,8146	0,4046	0,8080
bylinná vegetace %	0,3345	0,1933	0,3151	0,5748	0,3156
keřové porosty %	0,4777	0,3314	0,4543	0,3321	0,4681
stromy %	0,6276	0,5086	0,6291	0,3175	0,6355
listy a větvičky %	0,7848	0,7296	0,8226	0,5690	0,8609
sešlap zvěří %	0,2803	0,3576	0,4735	0,5038	0,4758
stranová eroze %	0,6568	0,8204	0,8548	0,4467	0,8563
průměrná hodnota %	0,6987	0,6655	0,7868	0,5680	0,7972

Tabulka 19 - korelace hodnot výsledků hodnocení HMF stavu toků dle Šindlara a sledovaných projevů renaturace. Nejvyšší hodnoty jsou zvýrazněny červenou barvou

	odklon využití údolní nivy nebo svahů údolí od přírodního stavu - %	ekologické vazby toku a údolní nivy %	vliv okolní krajiny %	výsledné vyhodnocení nivy - %
mrtvé dřevo %	0,4211	0,2716	0,5040	0,4896
bylinná vegetace %	-0,1401	0,0477	-0,0532	-0,0918
keřové porosty %	0,1222	0,1105	0,0896	0,1416
stromy %	0,1896	0,3175	0,4166	0,3255
listy a větvičky %	0,3450	0,3631	0,5247	0,4726
sešlap zvěří %	0,0683	-0,1536	0,0521	0,0046

stranová eroze %	0,4773	0,4776	0,6867	0,6373
průměrná hodnota %	0,2600	0,2687	0,4010	0,3552

Tabulka 20 – korelace hodnot výsledků hodnocení HMF stavu niv dle Šindlara a sledovaných projevů renaturace. Nejvyšší hodnoty korelace jsou zvýrazněny červenou barvou



Obrázek 26-. grafické znázornění průměrných hodnot renaturace, HMF toku a HMF nivy u jednotlivých sledovaných úseků

Podrobné grafické zobrazení hodnocení vodních toků Turnovska viz **Příloha č. 1**

7 Návrhy řešení

Tok č. 4 – meliorační odpad Karlovice byl dle historických pramenů (Prostředník, 2006) drobným meandrujícím tokem. V šedesátých letech byl v rámci rozsáhlé meliorační akce napřímen a zahlouben. Proces zahlubování pokračoval, v současné době je koryto hluboké 1,2 m, zcela bez říčního dřeva. Jediný výraznější projev renaturace je způsobený vlivem bylinné vegetace. Koryto je místy zarostlé rákosinou, přerušovanou v místech křížení migračních stezek a toku. Tam je koryto rozšlapané, mírně rozšířené a vyměččené.

Veškeré návrhy vycházely z potřeby co nejnižších nákladů, minimální změny trasy a maximálním využitím místních přírodních materiálů.

Návrhy řešení vychází z pozorování jednotlivých projevů renaturace a jejich společného působení na morfologii vodních toků.

7.1 Stávající stav

Schematický náčrt současného koryta – prizmatické koryto lichoběžníkového tvaru. Půdorys a příčný řez napřímeného a zahloubeného koryta.

SCHÉMA PŮDORYSU – stávající stav

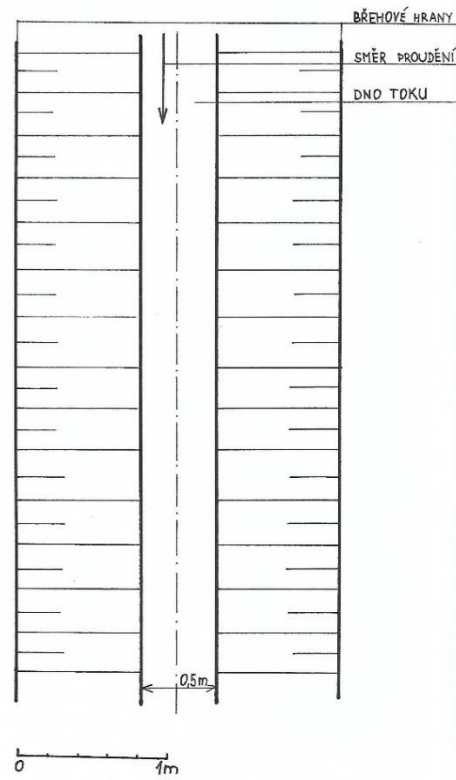
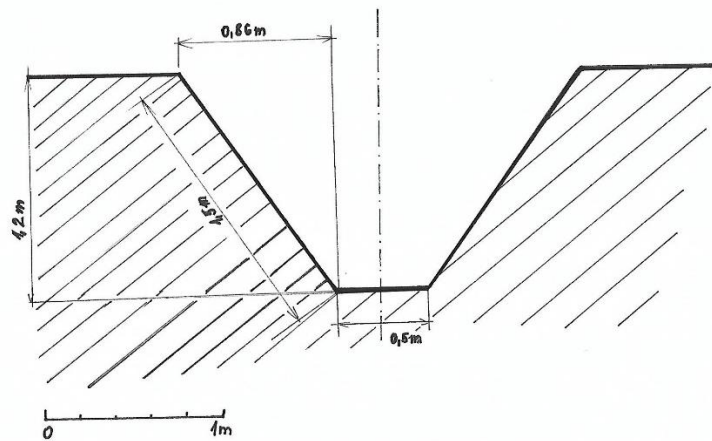


SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU - stávající stav



7.2 Proutěné koše

Popis: Návrh vychází z myšlenky původního gabionu – proutěného koše naplněného zeminou. Proutěné koše budou vkládány do koryta vodního toku, střídavě na pravou a levou stranu. Koše budou zapletené z čerstvých vrbových proutků, kotvené silnějšími vrbovými kůly. Tyto kůly musí být z čerstvého materiálu schopného dobrého zakořenění. Kořenové systémy vrby zpevní nestabilní dno toku. Postupné přirůstání hmoty kořenových balů bude podporovat přirozené vymělčování toku, zabrání dalšímu zahlubování. Střídáním stran koryta, kam budou koše vkládány rozvlí proudnici. Iniciační břehové nátrže usnadní žádoucí stranovou erozi toku, dotující tok splaveninami.

Břehové hrany koryta toku budou mírně vysvahovány ke košům, břehové hrany budou členitější.

V koších budou sazenice stromů, dobře snášejících zamokření – vrby či olše. Po dosažení plné velikosti budou určovat trasu toku, mohutné složité pletence kořenových balů budou diverzifikovat dno i břehy a poskytovat úkrytové příležitosti na vodu vázaným organismům.

Technické zásady: Při provádění opatření je třeba používat čerstvý rostlinný materiál, vrbové kůly musí být schopny dobře zakořenit a je třeba je zarazit dostatečně hluboko tak, aby byly stabilní a poskytovaly košům kvalitní oporu. Koše je třeba plnit substrátem jehož složení musí odpovídat místním podmínkám.

Cíle: Cílem je podpořit renaturační procesy v prizmatickém, zahloubeném korytě degradovaného vodního toku.

Rizika: Transport jemných splavenin do vodního toku, zanášení koryta materiálem bohatým na živiny, podporující eutrofizaci.

Nekvalitní materiál nezakořenění, koše se rozpadnou, nekvalitní sazenice stromů uhynou.

SCHÉMA PŮDORYSU – proutěné koše vložené do koryta toku a označením rozvlhění proudnice a drobné úpravy břehových hran.

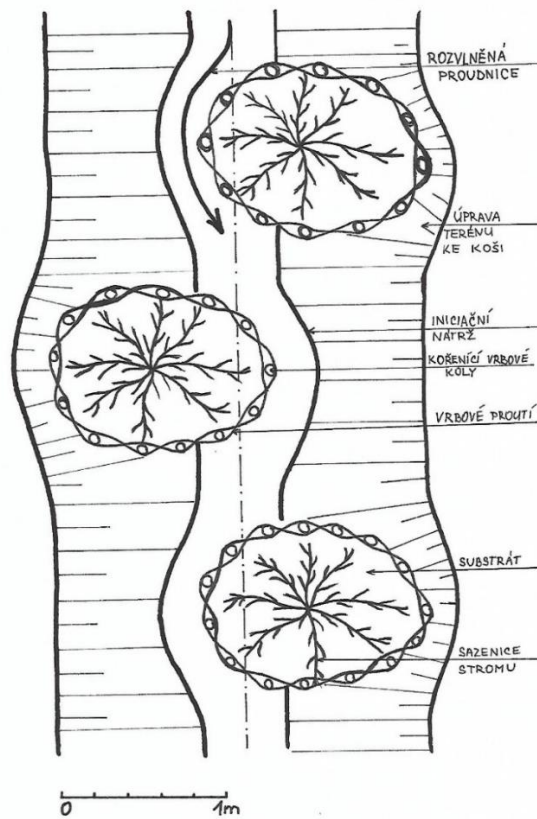
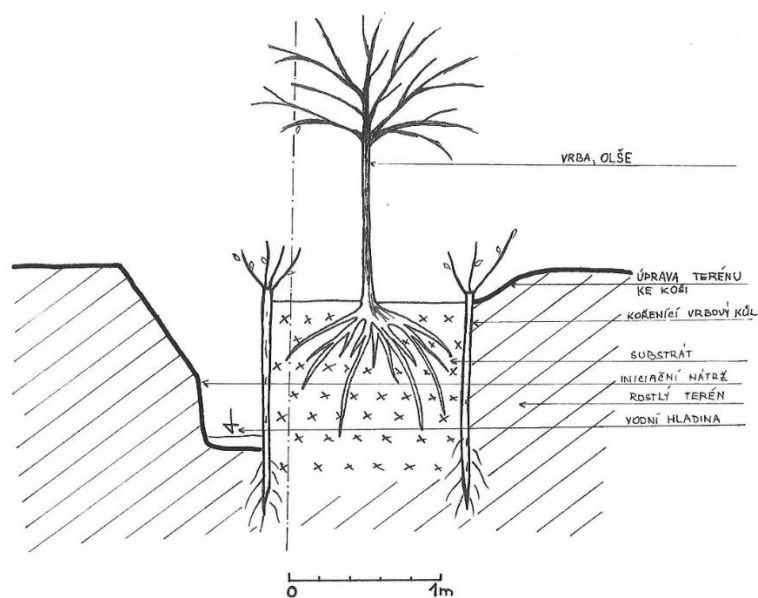


SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU – znázornění vložení koše do koryta toku a zakořenění vrbových kůlů a kořenového systému zasazeného stromu, naznačená je původní osa toku.



7.3 Vrbové rošty v korytě vodního toku

Popis: Pro diverzifikaci koryta bude střídavě na levém a břehu mírně snížen sklon koryta. Svrchní eutrofizovaná vrstva půdy bude rozprostřena na přilehlých plochách orné půdy, v dostatečné vzdálenosti, aby nedošlo k erozním smyvům půdy do toku. Odhalené koryto bude zakryto rohoží zapletenou z vrbového proutí, ukotvenou ke korytu vrbovými řízký, připravenými k zakořenění. Vrbové rohože omezí odnos půdy do toku. Na protilehlé straně k rohožím budou iniciační břehové nátrže pro podporu rozkmitání proudnice a následné meandrace. Zakořeněné vrbové řízky postupně vytvoří zapletené kořenové systémy, které zpevní dno. Větve keřů rozvlíní dále proudnici, diverzifikují dno i břehy.

Technické zásady: Je třeba použít kvalitní, čerstvé vrbové řízky kotvící rohože ve dně a březích toku. Při manipulaci se zeminou dbát na to, aby nedocházelo k zanášení koryta toku eutrofizovaným materiálem.

Cíle: S minimálními zásahy do koryta toku (pouze stržení břehových hran v místě umístění rohoží a vysvahování břehové hrany k proutěné rohoži) podpořit proces renaturace a alespoň přiblížit stav toku k požadovanému dobrému hydromorfologickému stavu toku.

Rizika: Při manipulaci se sejmutou zeminou může dojít k transportu eutrofizované půdy do koryta vodního toku. Špatně připravené vrbové řízky mohou zaschnout, nezakořenit a nebudou dostatečně fixovat proutěné rohože v místech obnaženého břehu.

SCHÉMA PŮDORYSU – pohled na vrbové rohože vložené střídavě do toku, ukotvené vrbovými řízků a iniciační břehové nátrže.

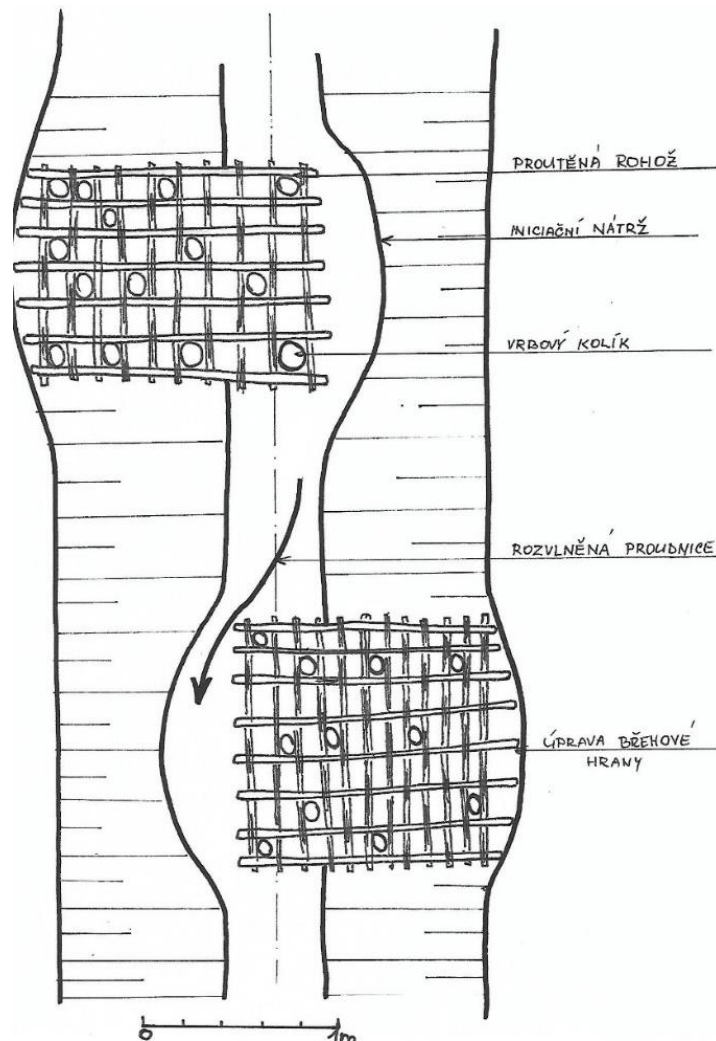
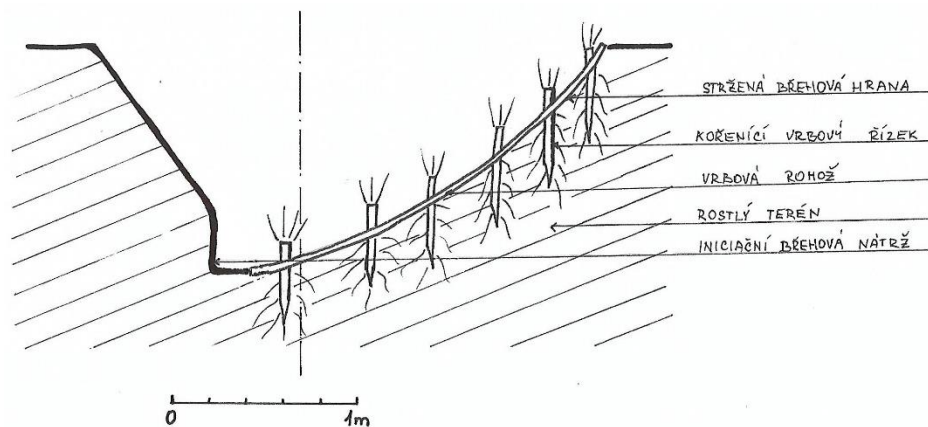


SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU – naznačení vytvarování břehu a jeho stabilizace rohoží zafixovanou vrbovými řízků. Naznačená je původní osa toku.



7.4 Umělé akumulace větví

Popis: Jednoduché opatření pro zpomalení odtoku vody prizmatických korytem. Do koryta budou zatlučeny vrbové kůly, z čerstvého dřeva, schopné dobrého zakořenění. Kořenové systémy vrb významně přispějí ke stabilizaci koryta toku. Ke kůlům budou konopnými provazy přivázány silnější větve, tvořící kostru umělé akumulace dřeva. Silné větve budou doplněny drobným materiálem tak, aby vznikla kompaktní akumulace dřeva. V místě akumulace dojde ke zpomalení proudění, z něhož budou vypadávat splaveniny místně vymělčující tok. S minimálními náklady a bez zásahů do trasy toku dojde k nastartování renaturačního procesu.

Technické zásady: Vrbové kůly musí být kvalitní, schopné v krátké době zakořenit a vytvořit silné kořenové baly stabilizující dno. Větve tvořící kostru akumulace musí být ke kůlům bezpečně přivázány, v žádném případě nesmí dojít k jejich uvolnění a transportu tokem, kde mohou způsobit škody na technické infrastruktuře. Doplnkové drobné větve budou do kosterních větví vplétány tak, aby vytvořili co možná nejkompaktnější akumulaci, schopnou účinně ovlivnit směr a rychlost proudění vody procházející touto akumulací.

Cíle: Zpomalení odtoku vody z krajiny, podpoření renaturačního procesu v prizmatickém toku za minimálních nákladů. Varianta uvažuje nesouhlas vlastníků okolních pozemků s jakýmkoliv zásahem do koryta toku.

Rizika: Při špatném usazení vrbových kůlů do toku může dojít k jejich uvolnění a následnému transportu tokem. Nekvalitně přivázané větve tvořící akumulace se mohou uvolnit a při střetu s technickou infrastrukturou způsobit škody. Rizikem je i ucpání propustků pod komunikacemi uvolněným dřevem.

SCHÉMA PŮDORYSU – naznačená umělá akumulace dřeva v toku, fixovaná uvázáním kosterních větví k vrbovým kůlům zatlučeným do dna toku.

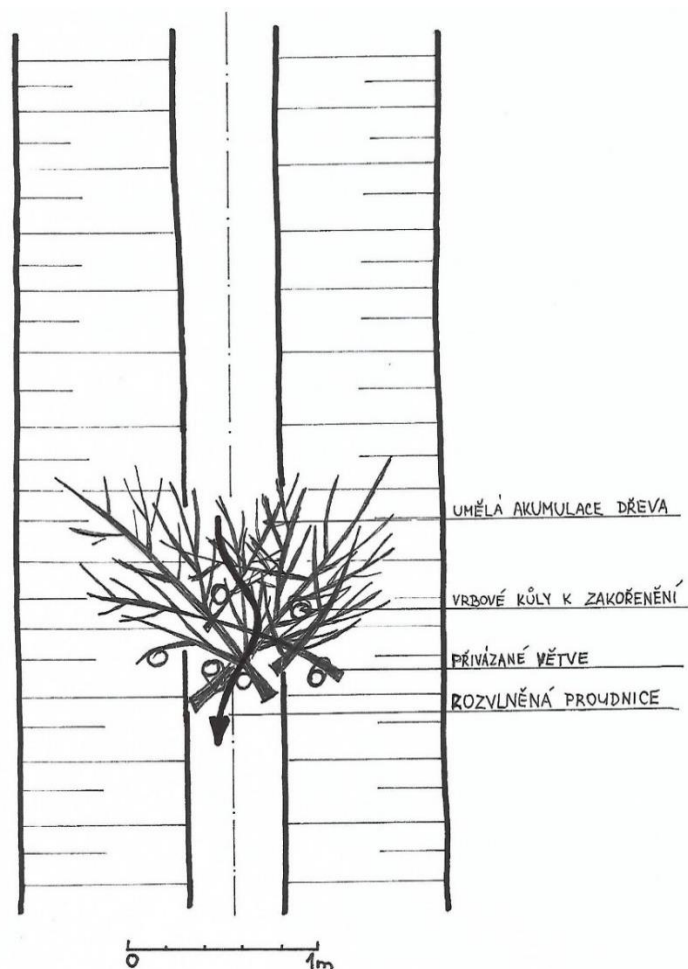
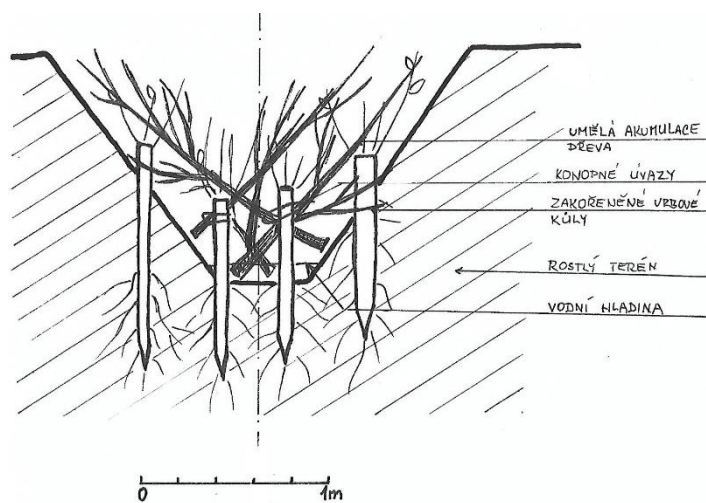


SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU – znázornění akumulace vodního dřeva, fixovaného konopnými provazy k vrbovým kůlům.



7.5 Svazky rákosu

Popis: Finančně nenáročný návrh opatření ke zpomalení odtoku vody z krajiny. Pevně svázané snopy rákosu budou vkládány do toku „na rybinu“. Snopy zpomalí proudění, dojde k usazování splavenin a místnímu vymělčení toku. Pro zvýšení účinnosti opatření je možné vkládat kompaktní trvaní drny, v těch se snadno uchytí semena stromů i keřů, které mohou v budoucnu významně pozitivně ovlivňovat trasu toku a dotovat jej říčním dřevem. Rákos se v toku za relativně krátkou dobu rozpadne, toto opatření je proto zcela jistě pouze dočasné, iniciace renaturačního procesu však bude již zahájena.

Technické zásady: Snopy rákosu je třeba pevně svázat, a tak podpořit jejich životnost. Vkládány do toku budou spodní silnější částí, horní slabé části budou při běžných průtocích mimo hladinu. Provazy, jimiž jsou snopy svázány musí být z čistě přírodního, rozložitelného materiálu.

Cíle: S minimálními finančními náklady a bez zásahu do koryta toku nastartovat proces renaturace a podpořit zadržení vody v krajině zpomalením jejího odtoku.

Rizika: Příliš rychlý rozpad rákosové biomasy neumožní plnohodnotné nastartování renaturačního procesu. Nedodržení podmínky přírodního materiálu na svázání snopů vnese do toku cizorodý prvek.

SCHÉMA PŮDORYSU – znázornění vkládání rákosových snopů do vodního toku tzv. „na rybinu“ střídavě zleva a zprava ze dna koryta směrem šikmo vzhůru k břehovým hranám. Mezi snopy rákosu jsou vloženy kompaktní travní drny, pro podporu soudržnosti konstrukce a rozvoje bylinné vegetace v korytě toku.

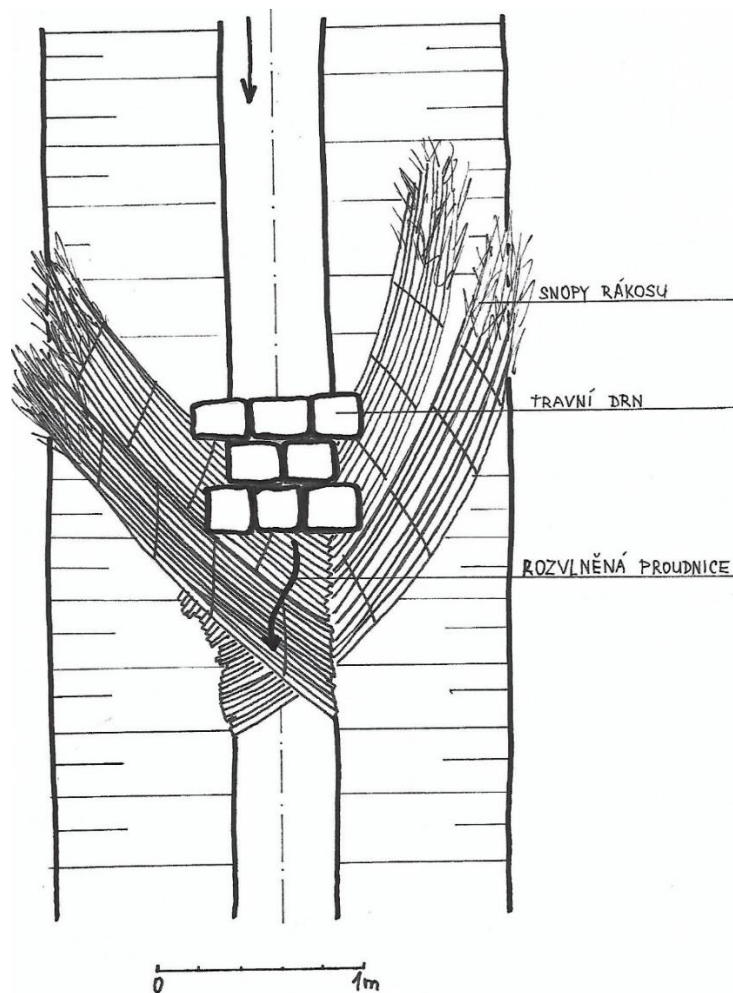
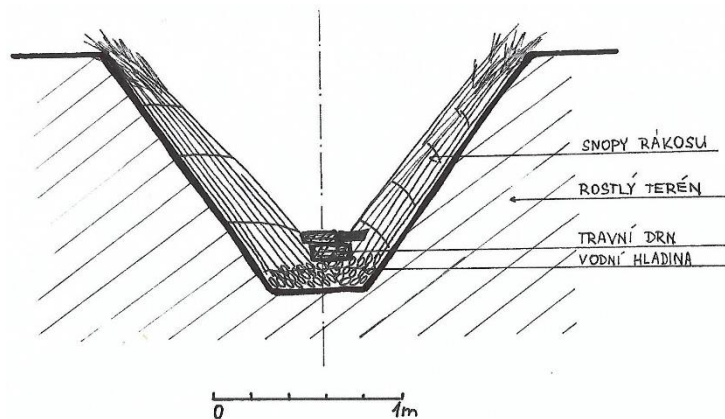


SCHÉMA PŘÍČNÉHO ŘEZU – naznačení způsobu vkládání rákosových snopů do koryta vodního toku a stabilizace konstrukce kompaktním travním drnem.



8 Diskuze

Pro hydromorfologické hodnocení stavu vodních toků krajiny Turnovska byly vytipovány reprezentativní úseky drobných vodních toků. Ty byly hodnoceny dle Metodiky MŽP (Šindlar, fluvialmorphology.cz) a dle vlastní vypracované metodiky. Pro výpočet korelace výsledků obou metod byla vytvořená klasifikace upravena – hodnotě 5 byla přidělena procentuální hodnota nula, hodnotě 1 odpovídá hodnota 100. Nejvyšší hodnoty korelace vykazovaly faktory „*morfologie koryta*“ a renaturační faktor „*mrtvého dřeva*“, „*listy a větvičky*“ a faktor „*stranové eroze*“. Tento poměrně vysoký stupeň korelace vyplývá z principu Metodiky – faktory mrtvé dřevo, tedy i větvičky tvořící dřevní akumulace a stranová eroze jsou do Metodiky zapracovány.

Zápornou hodnotu korelace vykazuje vztah faktorů „*odklon využití údolní nivy nebo svahů údolí do přírodního stavu*“ a renaturační faktor „*bylinná vegetace*“.

U intenzivně využívané nivy s velkým odklonem od potenciálu přirozené dynamické rovnováhy hraje renaturační faktor bylinné vegetace největší roli. Mohutné trsy vlhkomilných travin, či rákosu jsou jediným stabilizačním prvkem koryt, nárůst rostlinné hmoty, i když jen v omezené míře, přispívá k vymělčování toku a vychylování proudnice. Právě záporná hodnota korelace ukazuje na důležitou roli bylinné vegetace v takto ovlivněných tocích. Tam, kde je míra antropogenního ovlivnění toku nejvyšší, a tedy procentuální vyjádření HMF kvality toku (nivy) je nejnižší, jsou hodnoty míry ovlivnění toku bylinnou vegetací nejvyšší. Bylinná vegetace je zde nejvýznamnějším, často jediným renaturačním činitelem. Jiné renaturační procesy nemají možnost se rozvinout, buď chybí důležité faktory, jako je vodní dřevo, nebo jsou renaturační procesy zcela potlačovány cílenou lidskou činností.

Zemědělská krajina Turnovska je dlouhodobě zemědělsky využívána, velké plochy zemědělských kultur do vodních toků nedodávají potřebné množství mrtvého dřeva, ani jiných rostlinných zbytků pozitivně ovlivňujících morfologický stav vodních toků. Naopak, vlivem vodní eroze jsou drobné vodní toky procházející zemědělskou krajinou zanášeny jemným substrátem smytým z polí, zcela překrývajícím přirozené vrstvy dna drobných vodních toků – drobný štěrk a písek.

Napřímené toky se dále zahlubují. Tam, kde způsob hospodaření (orná půda, či jsou travní porosty intenzivně využívané až po břehovou hranu) neumožňuje dotaci

vodních toků mrtvým dřevem, ani neumožňuje rozvoj doprovodných porostů, nedochází k významným projevům renaturace vodních toků.

Nejvyšší známky antropogenního ovlivnění vykazují toky v přímé blízkosti intravilánu. Toky trpí silnými technickými úpravami i neodbornými zásahy, veškeré říční dřevo je pravidelně odstraňováno. Trasy toků jsou vlastníky pozemků upravovány, koryta nadále zahlubována tak, aby došlo k co možná nejrychlejšímu odvedení vody. Projevy renaturace jsou odstraňovány, průměrná hodnota renaturačních faktorů je na úrovni váhy vlivu 3,96, vliv renaturace na kvalitu vodních toků a nepřímo na zadržení vody v krajině je minimální.

Majitelé pozemků, kterými procházejí koryta drobných vodních toků, byli při terénních průzkumech dotazováni, zda jsou ochotni trpět na svém pozemku úpravu koryta toku pro zadržení vody v krajině. Všichni odpověděli záporně a tam, kde tok jeví známky renaturace požadovali nápravu dle jejich vnímání špatného stavu a obnovení technické úpravy.

U lesních toků jsou hodnoty revitalizačních faktorů nejvyšší. U těchto přírodě blízkých, poměrně přirozených toků však není možné mluvit o renaturaci jako o návratu od antropogenně ovlivněného stavu vodního toku k toku přirozenějšímu. V této práci však byly tyto projevy hodnoceny stejně jako u toků ovlivněných pro potřebu srovnání a jako příklad fungování renaturačních vlivů v přirozených tocích. Bez sledování těchto faktorů v lesních tocích by nebylo možné chování těchto jednotlivých projevů v plně rozvinutých fázích popsat, ohodnotit a odvodit jejich funkci v antropogenně ovlivněných tocích.

Renaturace, jako přirozený, a tedy finančně nenáročný jev se jeví jako vhodná cesta k nápravě špatného stavu sítě drobných, vlásečnicových vodních toků v krajině Turnovska. Navrhovanými opatřeními lze rozvoj renaturačních procesů významně podpořit.

Výsadba stromů a keřů pozitivně podpoří vodní prostředí v několika ohledech – rozvinuté pletence kořenů stabilizují břehy i koryto, rozvolňují trasu, podporují boční pohyb koryta, vytvářejí místa hlubší i mělčí.

U silně ovlivněných toků zemědělské krajiny bez rozvinutých břehových porostů hrají nejvýraznější roli bylinné porosty. Silné trsy travin v korytě toku dokáží rozvlhnit proudnici, podpořit stranovou erozi a pomístně vymělčit tok. Ve vymělčených

místech se snáze uchytí semena stromů a keřů. To může vést k dalšímu pozitivnímu ovlivnění toku.

Drobné, pouze pomístní vyměření toků je způsobováno sešlapem břehových hran zvířít v místech migračních stezek, či napajedel. Tento sešlap, i když pouze v malé míře, dotuje vodní tok i drobným štěrkem, který zůstává v místě po odplavení nejjemnějších půdních částic a přispívá ke zlepšení morfologického stavu toku. Tento vliv se však projevuje pouze v rozsahu jednoho, maximálně tří metrů, zřejmě v závislosti na významnosti migrační cesty. Negativem tohoto jevu je transport jemných částic dále po toku, kde se usazuje a překrývá přirozené dnové substráty.

V případě toku č. 4 jsou migrační stezky spolu s porostem rákosu jediným renaturačním činitelem ovlivňujícím morfologii toku.

Sledované úseky vytipovaných vodních toků byly po celý rok 2021, kdy probíhal terénní průzkum zavodněné. V předchozích letech, ve kterých probíhal předběžný průzkum sledovaných toků, bylo mnoho úseků v letních měsících bez vody. Sledování chování vodních toků bez průtoků nebylo v roce 2021, ani v zimních a jarních měsících roku 2022 možné.

Opatření navržená k podpoře renaturace v malých vodních tocích vycházela z potřeby levného a dostupného řešení. Všechna opatření jsou zároveň šetrná k dané lokalitě. Nedojde k masivnímu zásahu do terénu jako při technických revitalizacích.

Drobné vodní toky často nemají vymezený vlastní pozemek, jejich koryto je součástí pozemku soukromého vlastníka, či jde po hranici pozemku. Vlastníci často nechtějí dovolit změnu trasy toku, mají obavy ze zamokření a znehodnocení majetku. Proto bylo při navrhování opatření vždy počítáno s původní, nezměněnou trasou toku. Navrhovaná opatření jsou však designována tak, aby došlo k nastartování přirozené boční eroze toku a podpoření přirozené migrace toku nivou, později i k rozvoji slepých a mrtvých ramen, jako prvku významně přispívajícího k zadržení vody v krajině.

Návrhy také pracují se zjištěnou skutečností, že nejvýznamnějším renaturačním činitelem jsou stromy a keře. V korytech toků jsou navrženy výsadby vrb prostřednictvím kůlů či řízků. V proutěných koších varianty č. 1 jsou sazenice vrb či olší, případně jiných, vhodných stromů. V místech blízko intravilánu je vhodné

použít druhy stromů jež jsou pozitivně přijímány veřejností pro jejich estetické hodnoty.

Varianta č. 4, rákosové snopy je variantou nejlevnější, ale i dočasnou. Je však počítáno s tím, že zpomalené a rozdělené proudění umožní uchycení a zakořenění vlhkomilných stromů či keřů, které potom samovolně nashutují účinnou renaturaci. Realizace tohoto opatření nevyžaduje žádné odborné předpoklady ani zvláštní zručnost, může být vhodné pro různé dobrovolnické aktivity. I toto řešení má tedy své opodstatnění.

Tématem k hlubšímu zamyšlení mimo rámec této práce je neochota vlastníků pozemků spolupracovat na nápravě špatného stavu vodních toků, nebo alespoň nápravě nebránit.

9 Závěr

Drobné vodní toky krajiny Turnovska jsou dlouhodobě antropogenně ovlivňovány. Koryta jsou napřímena a zahloubena. Sledované drobné vodní toky nemají zřejmě v důsledku svých malých rozměrů žádné objekty ovlivňující podélný profil, mimo dvou toků, nebyly zaznamenány žádné migrační překážky. Vzhledem k jejich malým rozměrům jsou tyto toky významně ovlivňovány i relativně malými objekty jako jsou drobné větvičky spadlé do toku, či splavené z přímého okolí i listy opadané ze stromů. Bylinná vegetace hraje u drobných vodních toků významnou roli při stabilizaci koryta i břehů, diverzifikuje koryto i proudnici.

Nejmenší míru ovlivnění vykazují lesní toky. Všechny toky této skupiny jako jediné vyhovují požadavkům Rámcové směrnice o vodách. I tyto toky jsou však antropogenně ovlivněné, nejvýraznější změny jsou v trase koryta. Také lesní toky byly v minulosti napřímeny. Zřejmě vlivem šetrnějšího lesního hospodaření a dostatkem živého i mrtvého dřeva v rámci CHKO Český Ráj proběhla v těchto tocích již před časem renaturace a toky se blíží stavu přirozené dynamické rovnováhy. Nej kvalitnější hodnocený úsek je tok č. 8 Čertoryje, ležící v 1. zóně CHKO – HMF stav toku je 99 % potenciálu přirozené dynamické rovnováhy. Zde je však nutno říci, že nalézt tok s takto vysokými hodnotami byl i v rámci nejstarší CHKO v České republice obtížný úkol.

U toků blízcích se potenciálu přirozené dynamické rovnováhy již nemluvíme o renaturaci. Je však zřejmé, že v minulosti právě renaturace přispěla k návratu od ovlivněného napřímeného toku k toku v dobrém, či dokonce velmi dobrém stavu (hodnoceno dle % HMF). Trasy koryt jsou signifikantně ovlivněny stromy vyrůstajícími přímo ze dna toku, mohutné kořenové pletence opevňují a zároveň diverzifikují dno a poskytují úkrytové příležitosti. Keřové patro spolupůsobí na trasu i dna toků, více drobných kmínků vyrůstajících ze dna zpomaluje proudění, zachytávají se v nich větve, tvoří akumulace dřevní hmoty. Spolu se zachycenými listy tvoří drobné přehrážky podobné bobřím hrázím a podporují vymělčování toků, zpomalují odtok vody z krajiny. Pod těmito akumulacemi se tvoří drobné tůně, podporující hyporeální průtok, důležitý pro bentické organizmy zprostředkující čištění vody (Straka et al., 2019).

Toky ze skupiny zemědělských toků mají významně ovlivněnou trasu, podélný i příčný profil. Na tocích nejsou žádné spádové stupně, jako migrační překážky

mohou zejména v suchých obdobích působit propustky pod komunikacemi. Nejsou zde žádné objekty ovlivňující průtoky. Ani toky ani nivy nesplňují požadavky WFS na dobrý stav toku a nivy. Tento nepříznivý stav je významně ovlivněn managementem okolí. Orná půda je přiorávána až k břehovým hranám, dochází ke splavování ornice do koryta vodního toku, překrývání přirozených dnových sedimentů jemnými hlínami bohatými na látky způsobující eutrofizaci, chybí nebo jen sporadicky se vyskytují břehové doprovodné dřeviny. Vysoké průtoky po silných srážkách způsobují další zahlubování koryt. Nejlépe renaturace prosperuje tam, kde jsou v korytě toku ponechány keře. Jejich kořeny stabilizují dno i břehy, v keřích se zachytávají další větve, listy i jiný rostlinný materiál, tyto akumulace vytvářejí drobné hrázky zpomalující proudění, při kterém z proudu vypadávají splaveniny a usazují se na dně. V těchto místech se daří i bylinné vegetaci, zpevňující a vyměčující dno svými přirůstajícími kořenovými systémy. V blízkosti keřů vede několik migračních stezek mírně rozšiřující koryto sešlapáním břehových hran. I tento faktor místně pozitivně ovlivňuje renaturaci. V případě toku č. 4 je bylinná vegetace a sešlap břehových hran zvěří jediným renaturačním projevem. Mírně ovlivňuje jak podélný, tak příčný profil.

Toky pod přímým vlivem intravilánu vykazují nejnižší kvalitu dle HMF hodnocení, sledované projevy renaturace jsou výrazně potlačeny či neprobíhají vůbec. V tocích není přítomno žádné živé ani mrtvé dřevo, bylinná vegetace je často potlačena. I v místech, kde není intravilán ohrožen případným povodňovým průtokem je udržována či obnovována tvrdá technická úprava. Z hlediska sledování vlivu managementu na kvalitu vodních toků a projevů renaturace lze jednoznačně prohlásit, že silný antropogenní tlak zhoršuje kvalitu vodních toků, potlačuje možnost jejich renaturace. Upravené vodní toky nemají potenciál pro zadržení vody v krajině ani pro zpomalení jejího odtoku.

Stav drobných vodních toků a projevy jejich renaturace v krajině Turnovska je významně ovlivněn managementem jejich okolí, zejména množstvím a kvalitou břehových a doprovodných porostů. V místech, kde chybí dřevinná vegetace má největší význam vegetace bylinná.

10 Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné knihy, monografie:

- CÍLEK. Václav, JUST. Tomáš, SOVOVÁ. Zdenka, MUDRA. Pavel, ROHOVEC. Jan, ZAJÍC. Jaroslav, DOSTÁL. Ivo, HAVEL. Petr, STORCH. David, MIKULÁŠ. Radek, NOVÁKOVÁ. Tereza, MORAVEC. Pavel a Marie KOHOUTOVÁ, 2017: Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. ISBN 978-80-7363-837-5.
- FRYIRS. Kirstie A, et BRIERLEY. Gary J, 2013: Geomorphic analysis of river systems: an approach to reading the landscape. Chichester, West Sussex, UK; Hoboken, NJ: Wiley. ISBN 978-1-4051-9275-0.
- GALIA. Tomáš, 2017: Fluviální geomorfologie. OSTRAVSKÁ UNIVERZITA, a KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE ISBN 978-80-7464-901-1.
- JUST. Tomáš, CESKO, 2005: Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha: Český svaz ochránců přírody: Ministerstvo životního prostředí: Ekologické služby. ISBN 978-80-239-6351-9.
- KOPP. Jan et RASKA. Pavel, 2017: Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny. ISBN 978-80-261-0719-4.
- KŘIVÁNEK. Jiří, 2014. Drobné vodní toky v ČR. Praha: Consult. ISBN 978-80-905159-0-1.
- LANGHAMMER. Jakub, ed., 2007. Povodně a změny v krajině. Praha: Univ. Karlovy v Praze, Přírodovědecká fakulta. ISBN 978-80-86561-86-8.
- MÁČKA. Zdeněk et KREJČÍ. Lukáš, 2011. Říční dřevo ve vodních tocích ČR. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5624-4.
- RONI. Philip et BEECHIE. T. J., 2013. Stream and watershed restoration: a guide to restoring riverine processes and habitats. Chichester, West Sussex ; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Advancing river restoration and management. ISBN 978-1-4051-9955-1.
- ROSENDORF. Pavel Mgr., DURAS. Jindřich, FERBAR. Petr et KUNA. David, 2018. Strategie ke snížení obsahu živin ve vodách v mezinárodní oblasti Povodí Labe. 1. vyd. Magdeburg 390 06, Postfach 1647/1648: Mezinárodní komise pro ochranu Labe. ISBN Strategie.

- ŘÍHA. Jaromír, 2005. Riziková analýza záplavových území. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-404-7
- SKLENIČKA, Petr, 2002. Základy krajinného plánování. Praha: Nadežda Skleničková. ISBN 978-80-903206-0-4.
- SLAVÍKOVÁ, Lenka, ed., 2007. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku. ISBN 978-80-86684-48-2.
- ŠEFRNA LUDĚK, 2007. Vznik a vývoj nivy z pedogeografického hlediska. In: Povodně a změny v krajině. 1. vyd. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, s. 210–215. ISBN 978-80-86561-86-8.
- ŠINDLAR, Miloslav, 2012. Geomorfologické procesy vývoje vodních toků. Část I. Hradec Králové: Sindlar Group. ISBN 978-80-254-2445-2

Článek v odborném periodiku:

- CUNJAK. R. A., et THERRIEN. J., 1998: Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Fisheries Management and Ecology [online]. **5**(3), 209–223. ISSN 0969-997X, 1365-2400. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2400.1998.00094.x
- GOODERHAM. John P. R., et BARMUTA. Leon A. et. DAVIES. Peter E, 2007: Upstream heterogeneous zones: small stream systems structured by a lack of competence? Journal of the North American Benthological Society [online]. **26**(3), 365–374. ISSN 0887-3593, 1937-237X. Dostupné z: doi:10.1899/06-067.1
- HEIM. Richard R., 2002: A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society [online]. **83**(8), 1149–1166. ISSN 0003-0007, 1520-0477. Dostupné z: doi:10.1175/1520-0477-83.8.1149
- JOHNSON. Matthew F., RICE .Stephen P et REID. Ian, 2011: Increase in coarse sediment transport associated with disturbance of gravel river beds by signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). Earth Surface Processes and Landforms [online]. **36**(12), 1680–1692. ISSN 1096-9837. Dostupné z: doi:10.1002/esp.2192
- JUST. Tomáš Ing, 2015 : Ekologicky orientovaná správa vodních toků. 2015. B.m.: AOPK ČR.

- JUST. Tomáš Ing et, KUJANOVÁ Kateřina RNDr., Ph.D., et ČERNÝ Karel Mgr., a KUBÍN Miroslav Mgr, 2020: Ochrana a zlepšování morfologického stavu vodních toků: Revitalizace, dílčí vodohospodářská opatření, podpora renaturačních procesů. 1. vyd. Praha: AOPK ČR. ISBN ISBN 978-80-7620-069-2
- KUJANOVÁ. Kateřina, MATOUŠKOVÁ. Milada et HOŠEK. Zdeněk, 2018: The relationship between river types and land cover in riparian zones. *Limnologica* [online]. **71**, 29–43. ISSN 0075-9511. Dostupné z: doi:10.1016/j.limno.2018.05.002.
- LASSETTRE. Neil S. a HARRIS Richard R., 2001. The geomorphic and acological influence of large woody debris in strams and rivers.
- MITSCH. William, DAY. J, WENDELL John W., J GILLIAM,. GROFFMAN. Peter M, HEY. Donald L., RANDALL. Gyles W. a WANG. Naiming, 2001: Reducing Nitrogen Loading to the Gulf of Mexico from the Mississippi River Basin: Strategies to Counter a Persistent Ecological Problem. *BioScience* [online]. **51**(5), 373. ISSN 0006-3568. Dostupné z: doi:10.1641/0006-3568(2001)051[0373:RNLTG]2.0.CO;2
- PALMER, W.C., 1965. Meteorological drought. 58s.
- POLLOCK. Michael M, et HEIM Morgan, et WERNER Danielle, 2003: Hydrologic an Geomorphisc Effect of Beaver Dams and Their Influence on Fishes. *American Fisheries Society Symposium* 37.
- Prostředník. J, et Šída. P, 2006: Poslední lovci a sběrači v Českém Ráji, Krkonoše – Jizerské hory 2006(10) s. 38-39
- SIMON, Andrew et RINALDI. Massimo, 2006: Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response. *Geomorphology* [online]. **79**(3), 37th Binghamton Geomorphology Symposium, 361–383. ISSN 0169-555X. Dostupné z: doi:10.1016/j.geomorph.2006.06.037
- STRAKA. Michal, POLÁŠEK. Marek, SYROVÁTKA. Vít, STUBBINGTON. Rachel, ZAHRÁDKOVÁ .Světlana, NĚMEJCOVÁ. Denisa, ŠIKULOVÁ. Lenka, ŘEZNÍČKOVÁ. Pavla, OPATŘILOVÁ .Libuše, DATRY .Thibault et PAŘIL. Petr, 2019: Recognition of stream drying based on benthic macroinvertebrates: A new tool in Central Europe. *Ecological Indicators* [online]. **106**, 105486. ISSN 1470160X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecolind.2019.105486

- WHEATON, Joseph M, FRYIRS. Kirstie A, BRIERLEY. Gary, BANGEN. Sara G, BOUWES. Nicolaas et O'BRIEN, Gary, 2015: Geomorphic mapping and taxonomy of fluvial landforms. *Geomorphology* [online]. **248**, 273–295. ISSN 0169555X. Dostupné z: doi:10.1016/j.geomorph.2015.07.010
- ZAHŘÁDKOVÁ, Světlana, HÁJEK. Ondřej, TREML. Pavel, PAŘIL. Petr, STRAKA. Michal, NĚMEJCOVÁ. Denisa, POLÁŠEK. Marek et ONDRÁČEK. Pavel, 2015. Hodnocení rizika vysychání drobných vodních toků v České republice. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. **57(6)**, 4–16. ISSN 0322–8916, 1805-6555.
- Ziegler V., 1999: Křídové moře v Českém ráji: Od Ještěda k Troskám. 1. Turnov: Sdružení Český ráj
- ŽALUD, Zdeněk, TRNKA. Miroslav, KAPLER. Pavel, SEMERÁDOVÁ. Daniela et DUBROVSKÝ. Martin, 2006: Drought - present and future meteorological hazard. *Kvasný Průmysl* [online]. **52(7–8)**, 230–234. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp2006023

Legislativní materiály:

- MŽP. 1993: Zákon 334/1993 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu
- MZ. 2001: Zákon 254/2001 Sb. Vodní zákon
- Směrnice 2000/60/ES – WFD, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Technické normy, metodika

- Vokurka. Adam Ing et al : Technická doporučení pro hrazení bystřin a strží
- HOMOLÁČOVÁ. Jitka ING, GROUŠLOVÁ Kristýny Ing, a KOSEJKOVÁ Jaroslava Mgr., 2021: Metodický návod pro provádění pozemkových úprav. 2021. B.m.: Státní pozemkový úřad České republiky.
- JANEČEK. Miroslav et al. 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha. ISBN 978-80-87415-42-9.
- MŽP, 2008.: Metodika odboru ochrany vod která stanovuje postup hodnocení vlivů opatření na vodních tocích a nivách na hydromorfologický stva vod. 26.

- LÖW. Jiří Doc. Ing. Arch., 2014. Preventivní hodnocení krajinného rázu na území CHKO Český ráj. 2014. B.m.: Löw & spol., s.r.o.
- NOVOTNÝ. Ivan Ing et al., 2014. příručka ochrany proti vodní erozi. 2014. B.m.: Výzkumný ústav meliorací a půd.
- Internetové zdroje:
- Česká informační agentura životního prostředí ©2022 (online) [2022, 13.3], dostupné z <https://www.cenia.cz/#aktuality>
- Český úřad katastrální a zeměměřický ©2022 (online) [cit. 2022.12.3.], dostupné z <https://cuzk.cz/>
- Mapy. cz ©2022, (online) [2022, 13.3.], dostupné z <https://mapy.cz/zakladni?x=15.1489000&y=50.5862000&z=11>
- Město Turnov, ©2022 (online) [2022.12.3.], dostupné z <https://www.turnov.cz/>
- Státní pozemkový úřad, ©2022 (online) [cit. 2022. 10.2.], dostupné z <https://www.spucr.cz/statni-pozemkovy-urad>
- Výzkumný ústav meliorací a půd, ©2022 (online) [cit. 2022.16.2.], dostupné z <https://www.vumop.cz/>

11 Seznam příloh

Příloha č. 1 Katalog reprezentativních úseků vybraných vodních toků v krajině Turnovska