

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
Katedra fyzické geografie a geokologie



Zuzana Rettichová

**Vliv úprav toků a nivy na následky povodní
na příkladu povodí Volyňky**

(diplomová práce)

Impact of stream and floodplain modification on the flood effects
(the Volyňka river basin)

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D.
Praha, 2010

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala pod vedením Doc. RNDr. Jakuba Langhammer, Ph.D. a že jsem všechny použité prameny řádně citovala.

Jsem si vědoma toho, že případné využití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena evidence vypůjčovatelům.

V Praze dne

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kdo se podíleli na zpracování této diplomové práce. Největší poděkování patří mému vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Jakubu Langhammerovi, za cenné rady a čas, který mi věnoval při konzultacích. Mé díky patří Ing. Josefu Kotálovi z městského úřadu ve Vimperku a starostům obcí v povodí Volyňky. Dále bych ráda poděkovala paní Heleně Příbylové za ochotu a vstřícnost při řešení studijních záležitostí.

V neposlední řadě patří poděkování rodičům, kteří mne během studia podporovali.

Abstrakt

Předkládaná práce se zabývá vyhodnocením stavu upravenosti říční sítě a údolní nivy Volyňky na základě terénního mapování, a identifikací kritických úseků, které mohou mít vliv na průběh a následky povodní. V povodí Volyňky se v roce 2002 a 2009 vyskytly dvě extrémní povodně. Práce hodnotí příčiny, průběh a následky těchto povodní. Pro získání informací o upravenosti říční sítě a údolní nivy byla použita metodika mapování HEM-F. V povodí Volyňky byl zmapován celý úsek Volyňky od pramene po Volyni, její přítoky v pramenné části povodí a tok Spůlka. Na základě výsledků mapování byla vyhodnocena intenzita upravenosti toku, charakter následků povodní a identifikovány kritické úseky. Mezi nejčastější kritické úseky patří místa s potenciálními překážkami proudění. Jsou to především nedostatečně dimenzované mosty, jezy a propustky. Jednotlivé druhy překážek jsou typické pro určité úseky toku. K úpravám omezujícím využití retenčního potenciálu nivy (zkapacitnění koryta, úpravy břehů kamenným pohozením) docházelo často ve střední a dolní části povodí Volyňky. Na několika kritických úsecích byla navržena opatření, která by mohla snížit účinky povodní.

Abstract

The thesis deals with evaluation of the Volyňka river network modification on the basis of field survey, and identification of critical stream segments, which may influence course of flood events by means of GIS analysis. Two extreme floods took place in the Volyňka river basin in the years 2002 and 2009. The paper evaluates causes, course of events and effects of the floods. To get information about river network modification the HEM-F field survey methodology was used. The whole stream of Volyňka river was investigated from its spring to Volyně town, the tributaries in the upper part of the Volyňka river basin and the stream Spůlka. Intensity of stream modification and flood effects character were evaluated and critical sections were identified on the basis of the mapping results. The potential flow obstacles are the most frequent type of critical modification of the stream. Especially the insufficiently designed bridges, weirs and culverts cause the most intensive damage and geomorphological effects of the flood. Individual kinds of obstacles are typical for certain sections of the river flow. Modifications limiting use of retention potential of the floodplain are often present in the central and lower parts of the Volyňka river basin. In several critical stream segments there were proposed measures for mitigation of flood consequences.

Obsah

Abstrakt	4
Obsah	5
1. Úvod	7
1. 1. Cíle práce	8
2. Materiál a metody	9
2. 2. Metodiky hydromorfologického monitorování	9
2. 2. 1. Rámcová směrnice 2000/60/ES, normy	9
2. 2. 2. Evropské metodiky	10
2. 2. 3. Metodiky ve světě	13
2. 2. 4. Metodiky v České republice	13
2. 3. Metoda HEM-F	18
2. 3. 1. Metodika mapování	18
2. 3. 2. Podklady	19
2. 3. 3. Mapované ukazatele	19
Morfometrické charakteristiky toku a nivy	20
Koryto toku	22
Dno a břeh	27
Proudění a hydrologický režim	35
Charakter rozlivu při povodni	37
Geomorfologické projevy a následky povodní	38
2. 3. 4. Vyhodnocení výsledků mapování	43
Analýza intenzity a charakteru upravenosti říční sítě	44
Identifikace kritických úseků	47
Typologie následků povodně	49
2. 3. 5. Zpracování výsledků	49
2. 4. Úpravy toků a údolní nivy a následky povodní	50
2. 4. 1. Příčiny upravování vodních toků – vývoj lidských zásahů	50
2. 4. 2. Úpravy toků ovlivňující průběh a následky povodní	53
2. 4. 3. Kritické úseky	56
2. 4. 4. Geomorfologické projevy povodní	57
Akumulační tvary reliéfu	58
Erozní tvary reliéfu	60
3. Zájmové území	62
3. 1. Vymezení území	62
3. 2. Geologické poměry	63
3. 3. Geomorfologické poměry	64
3. 5. Klimatické poměry	69
3. 5. 1. Teplota	69
3. 5. 2. Srážky	70
3. 6. Hydrografické a hydrologické poměry	72
3. 7. Pedologické poměry	76
3. 8. Regionálně fytogeografické členění	78
3. 9. Flora	78
3. 13. Využití krajiny	79
3. 14. Ochrana přírody	81
5. Povodně v povodí Volyňky	82
5. 1. Historické povodně v povodí Volyňky	82
5. 2. Povodeň v srpnu 2002	83
5. 2. 1. Synoptická situace	83

5. 2. 2. Hydrologická situace	84
5. 2. 3. Průběh a následky povodně 2002 v povodí Volyňky	84
5. 3. Povodeň v červnu 2009	88
5. 3. 1. Synoptická situace.....	88
5. 3. 2. Hydrologická situace	91
5. 3. 3. Průběh a následky povodně 2009	93
5. 4. Shrnutí povodní z roku 2002 a 2009.....	96
6. Výsledky.....	97
6. 1. Terénní mapování	97
6. 2. Analýza intenzity a charakteru upravenosti říční sítě	98
6. 4. Typologie následků povodně.....	107
6. 5. Návrh opatření	109
7. Diskuse	115
8. Závěr	118
Seznam literatury.....	120
Seznam obrázků	126
Seznam tabulek	128

1. Úvod

Za poslední desetiletí naším územím prošla řada povodní, které zasáhly jednotlivé části České republiky. Povodně z roku 1997, 2002, 2006, 2009 a letošní 2010 patří k těm extrémním.

Povodně se však na našem území vyskytovaly vždy. Svědčí o tom geologické studie nánosů v údolních nivách, značky velkých vod, kroniky a systematické záznamy ze současné doby (Hladný, 1997). Jak ale narůstal počet obyvatel a tím i hustota zalidnění v údolních nivách, zvětšovalo se též množství antropogenních zásahů do vodního režimu toku ve snaze ovládnout tento živel.

Velikost povodní na našem území neovlivňují pouze přírodní faktory, ale také vliv lidské činnosti na krajinu (Vilímek, Hlaváč, Šercl, 2007). Extrémní povodně, které proběhly na přelomu 20. a 21. století, ukázaly, že antropogenní zásahy v korytech a údolních nivách mají vliv na průběh a následky povodní (Langhammer, Křížek, 2007). Existují typy úprav, které způsobují změny proudění a mohou tak vést ke zhoršení průběhu povodně a jejích následků. Kvůli velkým škodám během posledních povodní, bylo snahou vytvořit metodiku, která bude schopna tyto úpravy lokalizovat a identifikovat.

Rámcová směrnice o vodní politice 2000/60/EC zavádí komplexní přístup k hodnocení řek, jeho součástí je i monitoring hydromorfologických prvků v zemích EU. Získaná data mohou posloužit jako významný zdroj informací o stavu a charakteru upravenosti toků a údolní nivy.

Katedra fyzické geografie a geoekologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy se dlouhodobě zabývá otázkami vztahu mezi změnami v krajině a následky povodní – mj. v rámci výzkumného projektu VaV SM/2/57/05 – Dlouhodobé změny poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami a Výzkumného záměru MSM 0021620831. Jedním z klíčových témat tohoto výzkumu je analýza vazeb mezi upraveností vodních toků a údolní nivy a průběhem a následky povodní. V rámci tohoto výzkumu byla vyvinuta metodika mapování HEM-F (Langhammer, 2007), která byla testována na různých povodích zasažených v uplynulé dekádě povodněmi. Cílem výzkumu je získat informace o stavu říční sítě a údolní nivy a charakteru antropogenních úprav, které mohou mít vliv na následky povodní.

V povodí Otavy, do kterého spadá povodí Volyňky, byla zároveň provedena řada souvisejících výzkumů týkajících se např. geomorfologických projevů povodně 2002 (Křížek, Engel, 2003), historických změn říční sítě (Langhammer, Vajskebr, 2003), upravenosti hydrografické sítě a protipovodňových opatření (Matoušková, Šobr, 2004).

Tato diplomová práce usiluje o vyhodnocení stavu upravenosti říční sítě a údolní nivy Volyňky na základě původního terénního mapování a identifikaci jejích kritických úseků z pohledu možného negativního ovlivnění průběhu a následků povodní pomocí geoinformatické analýzy.

1. 1. Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce na téma „Vliv úprav toků a nivy na následky povodní na příkladu povodí Volyňky“ bylo identifikovat kritické úseky říční sítě a údolní nivy, které ovlivňují průběh povodní a navrhnout možná opatření.

Dílní cíle práce představují:

- Mapování upravenosti toků a následků povodní pomocí metodiky HEM-F
- Zhodnocení povodní 2002 a 2009 a jejich následků v povodí Volyňky
- Vyhodnocení stavu upravenosti říční sítě a údolní nivy

Ke splnění cílů práce vedou následující kroky:

- Rešerše s úkolem zjistit možné metodiky hydromorfologického mapování
- Seznámení se s metodikou HEM-F
- Seznámení se s problematikou úprav vodních toků a údolní nivy
- Získání dat pomocí terénního mapování
- Zpracování dat
- Vyhodnocení průběhů povodní 2002 a 2009

2. Materiál a metody

2.2. Metodiky hydromorfologického monitorování

2.2.1. Rámcová směrnice 2000/60/ES, normy

Legislativní předpisy, týkající se vodohospodářské politiky a praxe se v minulosti týkaly především různých aspektů využívání vody. Tuto situaci výrazně změnila Rámcová směrnice o vodách 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady z 23. října 2000, ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Water Framework Directive – dále jen WFD), která sjednocuje přístupy k vodnímu hospodářství v rámci zemí EU. Mezi hlavní cíle této směrnice patří dosažení „dobrého stavu vod“ do roku 2015. Dobrého stavu vod musí být dosaženo z hlediska biologické, hydromorfologické a fyzikálně chemické kvality. Česká republika se vstupem do Evropské Unie v roce 2004 tuto směrnici přijala a promítla ji do systému národních legislativních norem. Hlavním přínosem Směrnice je komplexní přístup k hodnocení řek, a to zejména prostřednictvím jejich ekologického stavu, jehož součástí jsou i hydromorfologické prvky. Hydromorfologie je v rámci WFD využito jako komponenta kvality pro:

- Stanovení typově specifických referenčních podmínek pro útvary povrchových vod (Příloha II, 1.3 WFD),
- Klasifikaci ekologického stavu
- Charakterizaci typů útvarů povrchových vod (přírodní, silně ovlivněné, umělé), (Příloha II, 1.1 WFD)
- Posouzení, identifikaci a vyhodnocení antropogenních vlivů (Příloha II, 1.4 a 1.5 WFD)

Nejobsáhlejší část týkající se hydromorfologického monitoringu se nachází především v příloze V, kde se podrobně popisuje monitoring ekologického a chemického stavu povrchových vod, klasifikace a znázornění ekologického stavu, hydromorfologické složky podporující biologické složky.

Právě hydromorfologické složky směrnice jsou podpůrné pro vyhodnocení hlavních biologických složek. Klíčové hydromorfologické prvky, které by měly být sledovány v rámci splnění požadavků směrnice jsou (Příloha V, 1.1.1 WFD):

- Hydrologický režim (Velikost a dynamika proudění vody, propojení na útvary podzemní vody)
- Kontinuita toku
- Morfologické podmínky (Proměnlivost hloubky a šířky koryta toku, struktura a substrát dna toku, struktura příbřežní zóny)

Informace získané z jejich sledování by měly být použity také v procesu přípravy vhodných nápravných opatření v procesu zlepšování stavu vodních útvarů a dosažení environmentálních cílů rámcové směrnice o vodě.

V současné době probíhá v jednotlivých členských zemích EU monitoring rozdílných metod.

Pro srovnatelnost národních metodik hydromorfologického monitoringu vytvořil Evropský výbor pro normalizaci (Comité Européen de Normalisation-CEN) v roce 2004 jednotnou normu pro hodnocení hydromorfologických charakteristik vodních toků – EN 14614 Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers. V České republice vstoupila v platnost také v roce 2004 jako česká verze evropské normy EN (Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek). Tato norma stanovuje základní principy monitoringu a výčet klíčových ukazatelů pro záznam charakteristik při popisu a hodnocení hydromorfologie toků. Je založena na metodách vyvinutých, testovaných a sjednocených v Evropě. Přes unifikaci přístupů zároveň ponechává poměrně značnou volnost pro specifika národních metodik.

Z principů normy EN 14614 vychází rovněž metodika HEM, která byla v České republice přijata jako standardní nástroj pro monitoring a hodnocení hydromorfologického stavu toků.

2. 2. 2. Evropské metodiky

Velká část evropských zemí si v rámci WFD vytvořila vlastní metodiku. Některé země použily již stávající metodiky a implementovaly je do vlastních povodí. Stručný přehled o těchto metodikách popisuje např. Mc Ginnity et al. (2002), Parrson (2000), Birk (2003) nebo Matoušková (2009). Mc Ginnity et al. (2002) a Birk (2003) ve svých pracích uvádějí jednotlivé členské státy a jejich konkrétní metodiky zabývající se hydromorfologickým monitoringem. Vybrané metodiky jsou dále podrobněji popsány. V přehledu jsou zahrnuty též metodiky popsané Matouškovou (2009). Patří mezi ně metodika River Habitat Survey (RHS) z Velké Británie, Stream Habitat Survey, LAWA-FS a LAWA-OS z Německa a Physical S. E. Q z Francie. V příloze se nachází výčet metodik používaných v evropských státech

River Habitat Survey RHS (Raven et al. 1997, 1998)

Tato metodika pochází z Velké Británie a hodnotí ekologický stav vodních toků. Používá se také v Itálii, Severním Irsku, Slovinsku a na Novém Zélandu. Zde byla metodika lehce upravena pro lokální podmínky. Dále byla metodika použita pro projekty STAR a AQEM.

RHS je vhodná pro všechny typy toků s výjimkou velkých řek. Mapování probíhá na několika vybraných úsecích toku s konstantní délkou 500 m. Dále jsou

zaznamenány podrobnější informace v transektech napříč toku po 50 metrech. Hodnotí se koryto, břehy a okolí toku.

RHS zahrnuje standardizovanou metodiku terénního mapování, elektronickou databázi obsahující informace z referenční sítě, systém pro posuzování kvality stanovišť a klasifikaci říčních druhů. RHS má mnoho výhod nejen svou rozšířenou využitelností ve Velké Británii, ale také pro rychlé hydromorfologické hodnocení a možnost detekce změn. Naopak Mc Ginnity et al. (2002) uvádí, že hodnocení se skládá z mnoha subjektivních prvků a nabízí pouze omezenou opakovatelnost.

Stream Habitat Survey – Method for small and medium size waters (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (ed.) 2000)

Tato metodika je určena pro řeky malé a střední s šířkou koryta 1 až 10 m. Délka úseku je 100 m nebo jejich násobek. Maximální délka je 1 km. Metodika obsahuje tři druhy dat (údaje k identifikaci sledovaného úseku, základní morfologické údaje pro určení typu toku, jednotlivé parametry a jejich charakteristiky k určení morfologických vlastností). Výsledky mohou být prezentovány odlišně podle úrovně požadovaných informací.

Kromě terénního mapování jsou k dispozici mapy a letecké snímky, které se používají v nepřístupném terénu. Tato metodika je jedna z mála, která využívá data DPZ. Při metodice je zapotřebí vysoce kvalifikovaných pracovníků (Mc Ginnity et al. 2002).

LAWA – Overview Survey (LAWA – OS), (Kern et al. 2000)

LAWA – Field Survey (LAWA 2000), (Weiss et al. 2007)

Německá metodika LAWA-Overview Survey (Kern et al. 2002) je založena na zpracování distančních dat poskytovaných správou vodních toků. Terénní výzkum je pouze doplňkem. Je závislá na množství a kvalitě vstupních dat. Je vhodná pro větší toky. Mapování je rozděleno na tři zóny: koryto, břeh a niva. Jednotlivé úseky mají konstantní délku 500 m. Metoda zahrnuje optimistické nebo pesimistické vyhodnocení, která mohou zlepšit nebo častěji zhoršit hodnoty několika parametrů. Metoda značně upřednostňuje negativní charakteristiky, protože v některých parametrech je počítán pouze nejhorší dosažený stav. Tímto metoda zhoršuje celkový ekomorfologický stav vodního toku.

Od roku 2002 metodika používá 5-stupňový skórovací systém. Používá se v rámci celé SRN. Cílem je plošné hodnocení ekologického stavu vodních toků a říčních niv.

Metodika LAWA-FS se liší od LAWA-OS především ve zdrojových datech, která jsou v tomto případě získávána terénním mapováním. Dalším rozdílem je počet parametrů (25), použití 7-stupňového skórovacího systému a využití metodiky pro malé

a střední toky. Hodnotí ekologický stav vodních toků a říčních niv a zjišťuje celkové fungování říčních ekosystémů. Metodika LAWA-FS je časově náročná, protože mapuje úseky po 100 m (Matoušková, 2007).

Pomocí jednotlivých parametrů jsou analyzovány fluviálně morfologické charakteristiky toků, stav antropogenních úprav, stupně dynamiky proudění, stav břehové vegetace, využití ploch podél vodních toků a další charakteristiky povodí.

Physical S. E. Q. “Système d’Evaluation de la Qualité” (Agences de l’eau, 1999)

Francouzská metodika ‘Système d’Evaluation de la Qualité’ (S. E. Q.) představuje systém pro komplexní hodnocení kvality vodních toků. Člení se do tří tematických částí: Physical S. E. Q., která zohledňuje morfologické a hydrologické parametry; Biological S. E. Q., hodnotí přítomnost různých skupin organismů; Water S. E. Q., která hodnotí kvalitu povrchových vod, biologický potenciál, hospodářský potenciál a vliv opatření pro zlepšení kvality vod na vodní tok. Physical S. E. Q. je propojena s Biological S. E. Q. a využívá „index based scoring system“. Physical S. E. Q. má průměrnou objektivitu, slabou opakovatelnost a rychlý postup vyhodnocení.

Physical S. E. Q. hodnotí soubor fyzikálních parametrů vodního toku, především tvar koryta, břehů a nivy a dynamiku jejich změn. Physical S. E. Q. se nyní nachází v testovací fázi a brzy bude uveden do běžné praxe ve správě vodních toků (www.lesagencesdeleau.fr, 8. 8. 2010).

Slovenská metodika

(Lhotský, M., Grešková A., 2004)

Tato metodika vychází z německé metodice LAWA-FS. Je založena na porovnání současného stavu s referenčními podmínkami. Vymezení říčních typů a vodních útvarů vychází z principů WFD.

Parametry jsou rozděleny do dvou skupin: morfologické parametry a hydrologické parametry. Morfologické parametry jsou rozděleny do 4 kategorií: trasa toku, prvky v korytě, břeh a příbřežní zóna, údolní niva. Získání dat je založeno na sběru distančních dat a terénním mapování. Vyhodnocení je založeno na 5-stupňovém skórovacím systému.

Slovensko se v posledních letech zabývá klasifikací morfologie řek. Lehotský, Grešková vytvořily model „Hierarchická klasifikace morfológie riek“ (River Morphology Hierarchical Classification). Tento model představuje standardizovaný nástroj, pomocí kterého lze pochopit morfologické specifikace vodního toku.

2. 2. 3. Metodiky ve světě

USEPA Rapid Bioassessment Protocols (Barbour et al. 1999)

Tato metodika se stala celostátním standardem pro hodnocení ekologického stavu vodních toků. Je to komplexní metoda, charakterizující vodní stav pomocí bezobratlých, rybí populace, nárostů a habitatu. Metodika má širokou možnost využití. Hydromorfologická část terénního mapování sleduje 10 parametrů, které jsou rozděleny do dvou skupin podle spádu toku. Parametrům je pak přiřazen 20-stupňový skórovací systém, který je ve vztahu se čtyřmi klasifikačními třídami. Proto nejhorší kategorie BRP představuje v rámci WFD dvě nejhorší kategorie. Tato metodika je časově poměrně málo náročná, má vysokou úroveň generalizace. Protokoly jsou rozděleny podle spádu toku na nízký a vysoký spád.

Australian River Assessment System (AusRivAS) - Physical Assessment Module (Parsons, M., Thoms, M and Norris, R. 2002)

Metodika AusRivAS byla vyvinuta v rámci National River Health program (NRHP) v roce 1994. Cílem NRHP bylo poskytnutí informací potřebných k zamezení degradace australských řek. Metodika je národně standardizovaná a je založena na systému rychlého hodnocení biologického stavu australských řek pomocí bezobratlých. AusRivAS má dvě části „Bioassessment“ a „Physical assessment“. Bioassessment souvisí s rychlým biologickým vyhodnocením a Physical assesment souvisí s rychlým geomorfologickým, fyzikálním a chemickým vyhodnocením. V rámci tohoto vyhodnocování se sleduje geomorfologie povodí, habitaty, příbřežní zóna a kvalita vody.

2. 2. 4. Metodiky v České republice

VÚV TGM

Pracovní skupina „O“ (Ekologie) mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL) projednala českoněmecký projekt mapování geomorfologických struktur. Tento projekt byl postupně připravován od roku 1997 a byl založen na metodice mapování zpracované Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Předmětem byla aplikace německé metodiky na vybrané úseky Labe s doplněním o české přístupy k mapování struktur a hydroekologického hodnocení toku a nivy, a návrh unifikované metodiky. Součástí projektu bylo ekologické hodnocení pilotních úseků Labe a jejich hodnocení na základě přístupu Rámcové směrnice. Tato metodika BfG se během řešení úkolu postupně vyvíjela a byla upřesňována. Společná českoněmecká metodika (3. verze, srpen 2000) byla pracovně schválena sdružením LAWA a stala se jednotnou metodikou mapování ekomorfologických struktur pro velké vodní toky v SRN pod

názvem „LAWA-OS, (Kern et al. 2000)“, v České republice tato metodika nepřekročila stadium testování.

Bylo provedeno vzorové zmapování morfologických struktur na vybraných pilotních úsecích Labe (A, B) ve složkách dna, břeh a okolí vodního toku podle metodiky BfG, V současné době lze tuto metodiku použít pro vodní toky od šířky cca 10 m. Metodika produkuje pouze podklady pro plánování a návrhy opatření v oblasti regulace, obnovy přírodního stavu, údržby či v oblasti zkoumání dopadu na životní prostředí (EIA), takže její výsledky v žádném případě nemohou být konkrétním návodem či doporučením na revitalizaci vodního toku (FUKSA, 2000).

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

Demek a kol. 2006, vypracovali metodiku sledování hydromorfologických složek ekologického stavu tekoucích vod. Vychází z německé metodiky LAWA-OS (Kern et al. 2002). Jejím hlavním cílem je vyhodnotit funkční schopnost celé korytonivní jednotky. Jednotlivé úseky toku se hodnotí na základě morfodynamiky, kdy se sleduje schopnost regenerace překládání toku, dynamická stabilita dna a převrstvování sedimentů typických pro daný vodní tok. Dále se hodnotí kvalita habitatu (substrát koryta, členitost toku a propojení zón v podélném směru) a odtokové poměry (kolísání hladiny, retence vody v nivě, minimální a maximální vodní stav). Délka jednotlivých úseků je závislá na šířce koryta. Metodika hodnotí celkem 17 skupin parametrů (je možno variabilně vybrat počet parametrů v závislosti na charakteru vodního toku). Koryto, břehy a niva jsou hodnoceny zvlášť skupinou parametrů a hydromorfologický stav úseku je vypočten jejich aritmetickým průměrem. Metodika vychází z pětistupňové klasifikační stupnice stavu, která je přizpůsobena požadavkům Rámcové směrnice.

Metodika byla použita v bilaterálním česko-rakouském projektu Dyje-Thaya. Cílem projektu bylo posouzení ekologického stavu a vypracování návrhů opatření pro ochranu nebo zlepšení ekologického stavu vod 2006 – 2008. V hydromorfologické části monitorování se hodnotil hydrologický režim řek, kontinuita toku a morfologické podmínky. Hydromorfologický stav sledovaných lokalit se na klasifikační stupnici pohyboval v rozmezí dobrý (2. třída) až poškozený (4. třída).

Metodika monitoringu a vyhodnocení aktuálního stavu hydromorfologie vodních toků (Šindlar, 2007)

Cílem metodiky je vyhodnocení aktuálního stavu hydromorfologie koryt a niv vodních toků včetně návrhů opatření k dosažení dobrého hydromorfologického stavu vod. Tato metodika je výsledkem soukromého výzkumu prováděného v letech 1995–2006 a vychází z WFD. Podle koncepce je přirozený stav vodního toku výslednicí

geomorfologických korytotvorných procesů pro aktuální okrajové podmínky (podélný sklon údolnice, hydrologický a splaveninový režim, prostor v nivě a vegetace v nivě, ostatní prostorové návaznosti po proudu a proti proudu). Je zapotřebí geomorfologickou analýzou stanovit potenciální přirozený (referenční) stav. Principem hodnocení je srovnání současného stavu toku, údolní nivy a navazující zóny toku s původním přírodním stavem. V rámci požadavků WFD jsou výsledky rozděleny do 5-stupňové klasifikace.

Velkou výhodou metodiky je možnost navrhnout opatření, vyhodnotit jejich efektivitu, doporučit harmonogram opatření a průběžně navazovat datové zdroje na informační systém správců toků a státní správy. Pro stanovení potenciálního přirozeného stavu vodního toku je využita „Metodika typologie geomorfologických procesů vývoje koryt a niv vodních toků“ (Šindlar 2006). Tato metoda typologie vodních toků je základem hodnocení referenčního stavu lokality a následujícího vyhodnocení hydromorfologických složek. Vodní tok se dělí na charakteristické geomorfologické úseky podle změn aktuálního sklonu údolnice, změn šířky údolní nivy, hlavních změn průtoků a vyhodnocením struktury vodopisné sítě a vývoje plochy povodí. Členění úseků je podkladem pro terénní mapování. Výsledky hodnocení slouží jako podkladové kritérium pro zpracování limitů a návrhů konkrétních opatření pro dosažení „dobrého hydromorfologického stavu vod“. Součástí metodiky je stanovení ekologicky vhodného způsobu péče o vodní toky včetně strategie ochrany ekologicky hodnotných úseků.

Metodika vychází z práce Rosgena (1994). Hejduková (2009) se ve své disertační práci zabývá srovnáním těchto dvou metodik, nalezením jejich kladů a záporů. Zkoumá, zda je možno závěry z metodik zobecnit a zda lze metodiky použít jako nástroj ke geomorfologickému zařazení toků do kategorií.

PřF UK

Metodikou hodnotící ekomorfolologický stav vodního toku se zabývá na PřF UK Matoušková (2003, 2008). Metodika Ecohydromorphological River Habitat Survey (EcoRivHab) je založena na analýze hydromorfometrických charakteristik koryta, odtokového režimu a biologických poměrů v toku a v příbřežní zóně. Tato metodika využívá terénního mapování jako zdroje hodnocení říčních stanovišť. Navíc lze využít distančních dat. EcoRivHab rozděluje úseky do tří zón. Ekologický stav je vyhodnocen na základě 31 parametrů, používá se 5-stupňový skórovací systém. Délky úseků jsou heterogenní, ale neměly by přesahovat 1 km. Úseky pokrývají celou délku toku.

Zpracování dat z terénního mapování je časově náročné. EcoRivHab používá kvalitativní hodnocení srovnáváním s lokálními referenčními podmínkami. Vyhodnocení je oddělené pro zónu koryta toku, doprovodné vegetační pásy a nivu. Aritmetickým průměrem těchto parametrů lze získat celkový ekomorfolologický stupeň.

Šilhánová (2009) se ve své diplomové práci zabývá srovnáním metodik EcoRivHab a RHS.

Metodika HEM pro monitoring a hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků vypracovaná Langhammerem (2007) byla schválena Ministerstvem životního prostředí jako oficiální metodika pro hydromorfologický monitoring v ČR. Metodika je založena na terénním mapování, u dvou ukazatelů je doplněna o datové podklady. Hodnocení je založeno na souboru 17 ukazatelů hodnotících hlavní aspekty hydromorfologické kvality zóny koryta toku, dna, břehu a inundační zóny včetně charakteristik proudění a hydrologického režimu.

Na základě principu a metod hydromorfologického mapování vznikla i metodika pro mapování upravenosti toku a údolní nivy a následků povodní (MUTON), která byla využita při analýze průběhu a následků extrémních povodní z let 1997 a 2002. Tuto metodiku vytvořil Langhammer (2006). Hlavním cílem metodiky je zjistit souvislost antropogenních úprav s projevy povodní. Oproti ostatním zmíněným metodikám se zde nezjišťuje ekologický stav toku. Jako základní ukazatele jsou sledovány upravenost trasy toku, koryta toku, podélného profilu toku, využití příbřežní zóny a výskyt potenciálních překážek proudění, doplněné o ukazatele charakterizující projevy a následky povodně a charakteristiky prostředí daného úseku (Langhammer a kol., 2005).

Na metodiku MUTON navazuje metodika HEM-F, která rozvíjí její principy a provazuje ji s metodikou hydromorfologického monitoringu HEM tak, aby bylo možné využívat výsledků rutinního monitoringu i pro specializované účely hodnocení následků povodní.

Existuje řada metodických postupů jak získat a vyhodnotit informace o intenzitě a prostorové struktuře antropogenní upravenosti toků. Přístupy, používané pro vyhodnocení míry a charakteru upravenosti toků se liší především podle účelu hodnocení a využitých zdrojových dat. Významná dokumentace (velmi podrobná), která má technický a evidenční charakter, je vodohospodářská evidence technických úprav koryt. Tuto dokumentaci si pořizují správci toků a většinou není volně dostupná pro účely komplexního vyhodnocení. Abychom mohli posoudit vztah mezi antropogenními zásahy do prostředí vodního toku s ovlivněním odtokových charakteristik, je zapotřebí hodnotit širší spektrum parametrů. Při extrémních povodních má vliv na odtokové poměry řada charakteristik upravenosti vlastního toku, ale také příbřežní zóny a údolní nivy. Pro tyto charakteristiky nebývají dostupné údaje ve stávajících mapových podkladech či databázích, a proto je třeba je získat účelovým terénním mapováním. Uvedené metodiky, jak zahraniční, tak i české, které hodnotí hydromorfologické charakteristiky, mohou poskytovat podklad pro vyhodnocení vlivu antropogenních změn toků na průběh a následky povodní. Problémem je, že pro účely hodnocení vlivu hydromorfologických změn na povodně nejsou tyto metodiky přímo využitelné.

Příčinou je zejména odlišný účel hodnocení a z něj vyplývající výběr specifických ukazatelů, dále rozsah struktury a podrobnosti zvolených parametrů a specifické systémy jejich hodnocení (Langhammer, 2004).

Rozdíly mezi hydromorfologickým hodnocením a hodnocením pro účely posouzení průběhu a následků povodní je následující:

- Odlišný účel použití
- Odlišná struktura hodnotících parametrů
- Rozdílný způsob hodnocení

Během mapování se pro účely hodnocení vlivu úprav toků na průběh a následky povodní hodnotí pouze struktury toku a nivy, které ovlivňují odtokový proces při povodni. Naopak při hydromorfologickém hodnocení je snahou zmapovat hydromorfologické složky kvality toku za účelem vyhodnocení ekologického stavu toku.

Pro ekohydromorfologické hodnocení je zapotřebí širokého spektra ukazatelů, které však pro účely hodnocení míry ovlivnění odtokového procesu nejsou zapotřebí. Chybí ukazatele, popisující průběh a následky povodní. Během hodnocení ekologického stavu toku se porovnává aktuální stav s referenčním stavem. Hodnocení pro zjištění vlivu antropogenních změn toků na průběh a následky povodní je založen na přímém vyhodnocení intenzity ovlivnění odtokového procesu metodou skórování (Langhammer, 2007).

Pro tyto účely byla Langhammerem a kol. vyvinuta metodika MUTON – Metodický rámec pro mapování a následné vyhodnocení. Na ni navazuje metodika HEM-F.

Metodika HEM-F byla zvolena jako nejvhodnější nástroj pro posouzení vlivu upravenosti toku na následky povodní. Jak již bylo výše uvedeno, stávající metodiky ekomorfologického mapování jsou pro daný účel příliš komplexní a hlavně tématicky jinak zaměřené. Tato metodika byla použita při mapování v povodí Opavy v roce 2007, Lužnice 2008 a Blanice 2009. Souhrnný postup metodiky HEM-F se nachází v následující kapitole.

2. 3. Metoda HEM-F

V letech 1997, 2002, 2006, 2009 a v letošním roce 2010 zasáhly Českou republiku extrémní povodně. Terénním mapováním a následným vyhodnocením bylo odhaleno, že během povodňové události se vyskytují erozní, akumulární a destrukční projevy v korytě toku a nivě, jež mohou souviset s některými typy úprav koryt vodních toků a údolní nivy. Byla vyvinuta metodika HEM-F, která identifikuje potenciálně kritické úseky říční sítě z hlediska ovlivnění průběhu a následků povodní.

„Metodika HEM-F vychází z metodického rámce, daného normou EN 14616 a metodiky hydromorfologického monitoringu HEM, definované v ČR, přičemž používá podmnožinu ukazatelů, hodnocených v rámci metodiky HEM. Metodika rozvíjí principy mapovací metodiky MUTON, využitě autorem pro hodnocení následků povodní 2002 a 2006“ (Langhammer, 2006).

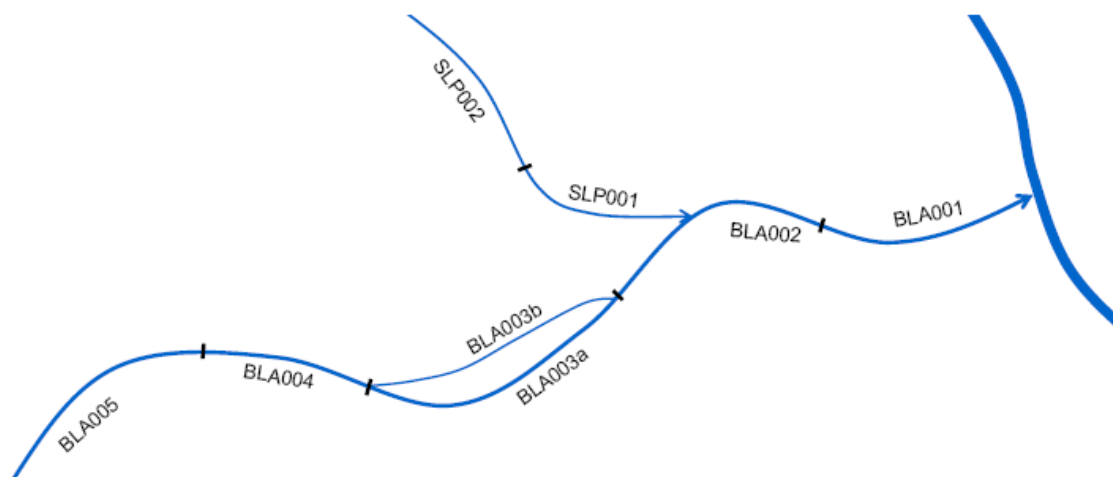
2. 3. 1. Metodika mapování

Území se mapuje pomocí terénního průzkumu, kdy je tok rozdělen do dílčích úseků. Ty mohou mít variabilní délku v rozsahu 100–500 metrů. U velkých toků mohou dosahovat délky až 1 km. Dílčí úseky musejí být homogenní alespoň v jednom z klíčových parametrů, kterými jsou:

- Charakter trasy toku
- Využití údolní nivy
- Upravenost koryta

Primárním kritériem pro vymezení úseku je průběh trasy toku. Pokud je trasa na delším úseku stejnorodá, dělí se tok pomocí dalších parametrů, tj. využití údolní nivy a upravenost koryta.

Každý úsek je vyznačen v mapě a je mu přiřazen jednoznačný kód. Tyto kódy jsou unikátní, jsou tvořeny z třípísmenných zkratk a označují hodnocený tok. Udávají se první tři písmena z názvu mapovaného toku. Za písmeny následují tři číslice, označující postupné pořadí úseku směrem od ústí k prameni. Pokud se tok větví, vyskytuje-li se náhon apod., je každé rameno ohodnoceno a zaznamenáno samostatně. Hranice s kódy jsou poté digitalizovány, aby umožnily propojení s údaji parametrů upravenosti, které jsou zaznamenány v jednotlivých mapovacích formulářích (Langhammer, 2009).



Obr. 1 Dělení toku na úseky

Zdroj: Langhammer, 2009

Dvoustránkový mapovací formulář slouží k zaznamenání morfometrie toku a nivy, upravenosti a dále průběhu a následků povodně. Navíc je doplněn poznámkovým formulářem, kde lze okomentovat jednotlivé úseky, a je k němu připojena fotodokumentace. Metodika souběžně sleduje kategorie upravenosti toku a charakter projevů a následků povodně. Díky tomu lze vyhodnotit vliv antropogenních úprav na následky povodňové události. Záznamy z formuláře získané terénním mapováním jsou poté zdigitalizovány do prostředí GIS a dále jsou propojeny s jednotlivými vrstvami úseku toku. V příloze se nachází ukázka dělení úseků pro povodí Volyňka.

2. 3. 2. Podklady

Mapovatel využívá pro terénní průzkum topografickou mapu 1:50 000 mapovaného území, kopii topografické mapy, do které vyznačuje hranice úseků, mapovací formuláře, návod pro mapovatele, aplikaci HEM-F_form.mdb pro digitalizaci mapovacích formulářů, GIS vrstvu vodních toků mapovacího území pro následnou digitalizaci. Navíc se doporučuje laserový dálkoměr a fotoaparát, pro pořízení fotodokumentace. Vedle výsledků mapování jsou použity mapy 2. vojenského mapování z let 1832–1854. Tyto mapy jsou dostupné na serveru www.mapy.cz a zaznamenávají období před industriální revolucí.

2. 3. 3. Mapované ukazatele

Za základní parametry sledované při mapování byly zvoleny:

- Morfometrie toku a nivy
- Upravenost toku a nivy
- Průběh a následky povodně

Morfometrické charakteristiky toku a nivy

- Délka úseku

Hranice úseku se vyznačí do mapy. Jejich délka se na malém toku pohybuje okolo 100 metrů, u středních toků je to 500 metrů a velkých toků 1 km. Dělení úseků se provádí v terénu. Následně jsou jednotlivé úseky vyhodnoceny z mapy nebo odpovídající GIS vrstvě. Délka se měří po střednici hlavního toku úseku, jednotky jsou metry.

- Šířka hladiny a koryta

Vzhledem k tomu, že vodní toky mají během roku různé vodní stavy, šířka hladiny představuje aktuální vodní stav toku a aktuálně omočenou část průtočného profilu. Proto se nedoporučuje mapovat v období s výrazným nárůstem nebo poklesem vodního stavu.

Šířku koryta lze zjistit dvěma způsoby. Buď terénním mapováním nebo pomocí ortofoto snímků. Šířka je definována jako vzdálenost mezi břehovou linií tj. hranou pravého a levého břehu. Břehová linie je hranice mezi korytem toku a inundačním územím. Šířka koryta nemusí být shodná s šířkou hladiny. Měření koryta není ovlivněno aktuálním vodním stavem. Do formuláře se zaznamenávají minimální a maximální hodnoty jednotlivých úseků (Langhammer, 2009).

- Šířka údolní nivy

Údolní niva je od ostatních částí reliéfu oddělena hranou s výraznějším lomem spádu, který se projevuje v příčném profilu. Morfologie údolní nivy vodního toku se mění v prostoru. S rostoucí vzdáleností od pramene se její šířka zvětšuje. Přesto se může stát, že se údolní niva může náhle zužovat nebo může být zcela přerušena. Je to dáno především změnou geologických poměrů na daném úseku (Křížek, 2007a).

Pokud se taková oblast v povodí objeví, je zapotřebí úsek rozdělit. Šířku údolní nivy lze změřit během mapování, kdy je vhodné použít laserový dálkoměr. Další možností je určit hodnotu z mapy nebo z GIS podkladů. Zaznamenávají se minimální a maximální hodnoty pro levý a pravý břeh jednotlivých úseků.

- Tvar údolí

V závislosti na geologické stavbě území, sklonu reliéfu a průtokovém režimu vznikají údolí různých tvarů. Současná síť vodních toků a údolí se vyvinula ve čtvrtohorách působením přírodních činitelů. Jedním z nejvýznamnějších činitelů je povrchový odtok, který svou unášecí schopností přemísťuje materiál (Just a kol, 2005). Do formuláře se zaznamenává převládající tvar údolí. Pokud se tvar výrazně změní, je zapotřebí úsek rozdělit. Údolí různých tvarů dělíme na:

Kaňonovité údolí – dno tvoří skalní podklad, ostře zařízlé hluboké údolí, stěny údolí jsou téměř rovnoběžné, sedimenty se ve větší míře neukládají, protože energie toku odnáší horninový materiál ze dna, často se vyskytují stupně, peřeje a vodopády

Údolí tvaru V – příčný profil připomíná V, vodní tok má dostatečnou unášecí sílu a je zásobován svahovými sutěmi, jejichž materiál tvoří dno a břehy, kamenitý materiál omezuje stranové pohyby koryta, podélný profil je většinou nevyrovnaný, údolní niva bývá vyvinuta jen minimálně



Obr. 2 Příklad údolí tvaru V na Medvědíh potoce.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Údolí tvaru U – dno údolí je již širší a připomíná tvar U, je vyplněno jemnějšími usazeninami, stěny údolí se široce rozevírají, údolní niva bývá vyvinutá, vodní tok meandruje v celé šířce údolí

Neckovité údolí – stěny údolí jsou od sebe již více vzdáleny, niva je již zřetelně ohraničena strmými svahy, tok v nivě meandruje a projevuje se výrazná boční eroze, niva je vyvinutá

Asymetrické údolí – jednotlivé stěny svahů mezi oběma stranami údolí mají rozdílný sklon, často je to dáno geologickými poměry

Ploché údolí – široké a ploché údolní dno, vyplněno mladými usazeninami, dobře vyvinutá údolní niva, boční pohyby trasy koryta nejsou příliš omezovány odolnými svahy údolí

(Langhammer, 2009)

Jednotlivé tvary údolí se vyskytují v různých částech trasy toku. Kaňonovitá údolí a údolí tvaru V jsou typická pro horní část toku, pro dolní část toku je zase charakteristické údolí tvaru U, neckovité a ploché údolí.

Koryto toku

▪ Trasa toku

Tento ukazatel je rozhodujícím pro vymezení jednotlivých úseků. Proto se v konkrétním úseku vyskytuje pouze jedna kategorie trasy toku. Údaje jsou navíc rozšířeny o historický stav trasy toku, který lze zjistit z historické mapy 2. vojenského mapování z let 1836–1852 na serveru www.mapy.cz. Toto mapové dílo představuje období před budováním rozsáhlých hydrotechnických úprav v toku. Na serveru lze porovnat historický a současný stav vodních toků (Langhammer, 2009).

Vývoj vodních toků je patrný po jeho trase. Horské a podhorské pasáže mají hlubší tvary údolí, s přímými nebo divočícími tvary koryta, v nížinných plochých nivách nalezneme meandrující nebo větvcí se koryto.

Divočící tok – celkově mělké koryto divočícího toku je rozloženo do širokého pásma, v němž se vyskytuje více aktivních koryt, probíhající v členitém systému štěrkovitých lavic. Ty jsou nestabilní stejně jako celé koryto. Převažuje boční eroze nad hloubkovou, v nivě téměř chybějí nivní půdy a sedimenty starých ramen, nejčastěji se objevuje hrubozrnný substrát (štěrk, kameny až balvany). Tento typ se vyvíjí zejména v podhorských oblastech, středních podélných sklonů, přibližně od 0,5–4 %, je zřetelně formován velkými povodňovými událostmi. Za běžných průtoků lze pozorovat členité tvary koryta vystupující nad hladinu (Just a kol, 2005).



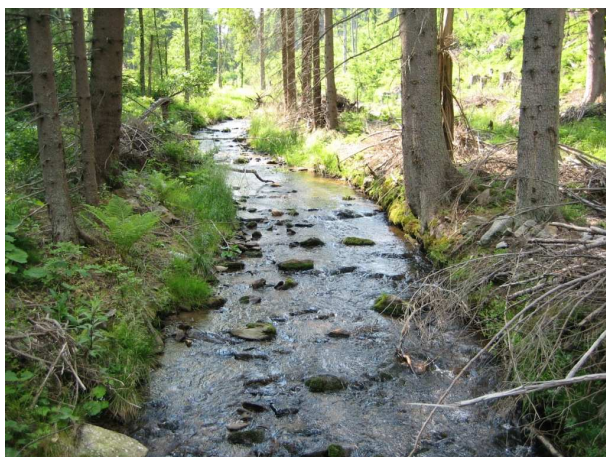
Obr. 3 Příklad divočícího toku na horním úseku Volyňky, patrně vznikl po povodni 2002, viditelný hrubozrnný substrát. Foto: Z. Rettichová, 2009

Rozvětvený tok – tok se dělí do více samostatných ramen, následně se opět spojuje. Oproti divočícímu toku je toto větvení stabilní. Mezi jednotlivými rameny nevznikají pohyblivé štěrkové lavice, ale stabilní větší ostrovy, jsou pokryty trvalou vegetací. Tento typ toku se vyskytuje v nížinné části řeky, vyznačují se relativně malou unášecí schopností proudu. Břehy jsou odolné vůči erozi. Větvení se může vyskytnout spíše

v podmínkách výrazně sezónního hydrologického režimu, v relativně odolném nivním materiálu (Just a kol, 2005).

Meandrující tok – Tento typ se vyskytuje v oblastech s mírnějším podélným sklonem, kinetická energie není tak velká, aby prořezávala koryto do přímé trasy, navíc musí být materiál koryta poddajný prořezávání oblouků. Běžně se meandrace vyskytuje v oblastech, kde je v údolích k dispozici určitá šířka nivy a podélný sklon je přibližně 2 %. Tvary meandrů jsou obecně velmi proměnlivé, střídají se nárazové a nánosové břehy, střídají se větší a menší rychlosti proudění a také místa erozní a ukládací. Stupeň křivolakosti je vyšší než 1,5. Erozí a ukládáním materiálu se meandry postupně vyvíjejí a přemisťují. Následkem překládání koryta a povodněmi se vyskytují v nivě vedlejší, stará a mrtvá ramena a tůňe

Zákruty – trasa toku je zvlněná, oproti meandrujícímu toku mají zákruty nižší poloměr a nevyskytují se v nich výrazné břehové eroze a akumulace (Langhammer, 2009)



Obr. 4 Příklad zákrutu v horní části povodí Volyňky.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Přirozeně přímý úsek – tento typ odpovídá horním, horským úsekům toku s velkými podélnými sklony, nad 2 %. Přímý úsek je především způsoben přírodními faktory, zejména morfologií údolí. Velká kinetická energie proudění neumožňuje toku vznik výraznějších meandrů, protože by je prořezávala. Tok transportuje hrubozrnný materiál po proudu. Dno bývá skalního nebo hrubozrnného kamenitého materiálu a proto je koryto poměrně mělké a široké. Just a kol. (2005) uvádí, že poměr šířky k hloubce může dosahovat až 60 : 1.



Obr. 5 Příklad přirozeně přímého úseku na toku Spůlka.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Uměle napříměný tok – Trasa toku je viditelně uměle napříměna. Průběh trasy je přímý nebo s mírnými zákruty.



Obr. 6 Příklad napříměného toku na zemědělské ploše v povodí Blanice.

Foto: Z. Rettichová, 2009

- Podélná průchodnost koryta

Upravenost podélného profilu koryta velmi výrazně ovlivňuje proudění vody v korytě. Během povodňových událostí se v těchto místech soustřeďuje výrazná eroze a akumulace. Bývá to oblast s destruktivními účinky povodně. Navíc výskyt umělých příčných překážek ovlivňuje migraci organismů. Za velmi problematické objekty se považují vysoké jezy.

Do formuláře se zaznamenává počet výskytu objektů v jednotlivých úsecích toku. Příčné překážky jsou z hlediska jejich výšky rozděleny do tří kategorií: nízké s výškou do 0,5 m ode dna koryta po korunu hráze, střední v rozsahu od 0,5 do 1 m a vysoké nad 1 m (Langhammer, 2009).

Výstavba různých objektů, stavebních zařízení, mají účel upravovací nebo účelový (slouží k užívání vody, dopravě, přístupu k vodě). Upravovací objekty mají za účel odstupňovat niveletu dna koryta o velkém sklonu. K odstupňování nivelety dna se používají stupně. Na malých tocích jsou obvykle vysoké 0,3-0,6 max. 1,5 m. Staví se z kamenného nebo betonového zdiva, ze dřeva, z plůtků (Tlapák, Herynek, 2001).

Nízké stupně s výškou nižší než 0,5 m – stupně se měří ode dna a jsou nižší než 0,5 m, jsou to drobné stupně nebo prahy v korytě toku, nalezneme je především na malých a středních tocích

Umělý stupeň nebo jez s výškou nižší než 1 m – stupeň až jez s výškou koruny 0,5 až 1 metr

Jez s výškou nad 1 m – tyto jezy jsou již považovány za vodní dílo, často bývá kvůli stabilitě koryta toku v jejich blízkosti upravován břeh a dno kamennou dlažbou nebo betonem, slouží k vyrovnání výškových rozdílů, vzduší vody pro odběr, snižuje podélný sklon koryta. Je to stavba umístěná napříč toku, buď trvale, nebo dočasně vzdouvá vodu k různým vodohospodářským účelům.

Skluz – výškový stupeň v korytě, výškový rozdíl mezi jednotlivými hladinami je překonáván nakloněnou rovinou, vyskytuje se zpravidla na středních tocích a jeho výška bývá větší než 1 m (Langhammer, 2009)

Skluzy se využívají pro menší odstupňování nivelety dna koryta. Jsou charakteristické jako krátké, dobře opevněné úseky koryta o sklonu 1:5 až 1:10, jsou velmi vhodné především po hydraulické stránce, neboť účinným zdrsněním skluzové části lze vytvořit podmínky proudění odpovídající průtoku ve volné trati. Jsou doporučovány též z ekologického hlediska, svou konstrukčně jednoduchou úpravou jsou jen modifikací přirozeně vytvářeného dna malého toku (Tlapák, Herynek, 2001).



Obr. 7 Příklad skluzu na toku Spůlka.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Jez s rybím přechodem – objekt umožňující živočichům snadnější překonání překážky, část vodního díla poskytne rybám a jiným vodním živočichům libovolný přesun z dolního a horního úseku a naopak, v rámci průchodnosti toku umožňuje migrační trasy rybám, díky čemuž se pak zvyšuje reprodukce nebo rychlost individuálního růstu. Přechody se dělí na přírodě blízké, technické a kombinované. Mohou to být tůňové přechody, kamenné prahy, kamenné stupně, balvanité skluzy, betonové schody aj.



Obr. 8 Příklad jezu s rybím přechodem v Bohumilicích.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Propustek – provedení toku pod tělesem náspu pomocí otvoru o omezené kapacitě



Obr. 9 Příklad propustku. Foto: Z. Rettichová, 2009

Hráz – hráze nádrže způsobuje trvalé vzduť toku

- Zahloubení koryta

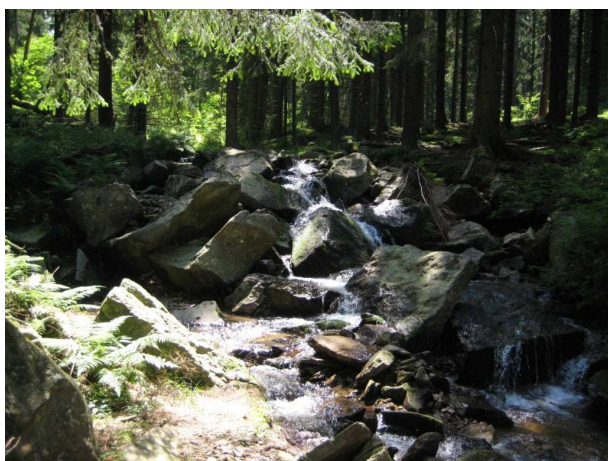
Hodnota zahloubení se získává pomocí terénního mapování. Je charakterizována jako hloubka ode dna toku ke hraně břehu. Měří se kolmo na hladinu. Protože se měří zahloubení ode dna toku, není výsledná hodnota závislá na aktuálním vodním stavu.

Do formuláře se zapisuje rozsah jednotlivých kategorií zahloubení pro každý úsek. Jako doplněním je umělé zvýšení či snížení koryta (Langhammer, 2009).

- Variabilita hloubek

Hodnotí se rozsah výskytu kategorií variability hloubek v daném úseku. Hloubky se neměří, hodnotí se pouze míra variability.

Vysoká variabilita hloubek – příčný profil je výrazně proměnlivý, v toku se vyskytuje velké zastoupení kamenů a balvanů, koryto má nepravidelný charakter, úseky se obvykle vyskytují v horní části toku



Obr. 10 Příklad vysoké variability hloubek na Pravětínském potoce.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Střední variabilita hloubek – stále se v příčném profilu vyskytuje nepravidelnost hloubek, substrát již není příliš balvanitý, koryto má pravidelný charakter, úseky typické pro střední a velké toky, mohou to být také oblasti zákrutu a meandrů

Přirozeně nízká variabilita hloubek – v příčném profilu se nevyskytuje nepravidelnost hloubek, neckovitý profil

Nízká variabilita hloubek z důvodů úpravy koryta – známky umělé upravenosti, variabilita hloubek je proto minimální. Tyto úseky jsou velmi chudé na organismy. V úseku pro ně chybí vhodné úkryty, klidové zóny apod.

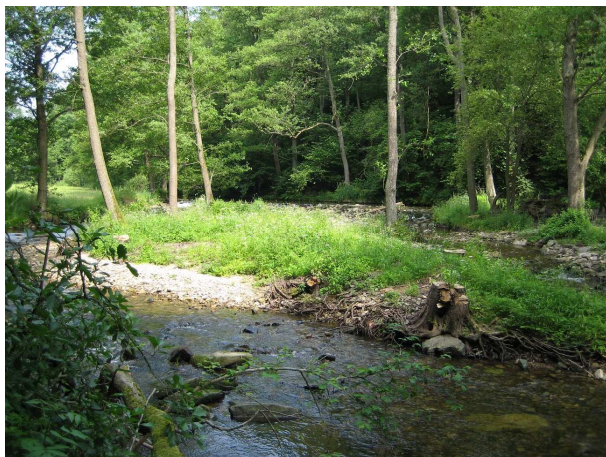
Dno a břeh

- Struktura dna

Do formuláře se zaznamenává rozsah výskytu vybraných typů struktur dna. Tyto struktury výrazně ovlivňují charakter proudění v korytě toku. Kritériem pro mapování jednotlivých struktur do hodnocení je jejich velikost, ta by měla představovat alespoň 1/5 šířky toku. Hodnoty se uvádějí v celých desítkách procent celkové délky mapovaného úseku (Langhammer, 2009). Mezi mapované struktury přirozeného dna patří:

Lavice, berma – podélná část dna koryta, bývá obvykle v úrovni hladiny nebo vystupuje nad hladinu, tvar protáhlý, může být i pruh břehové zóny, bývá pravidelně zatápěn, v období povodně bývá pod vodou, v období nižších vodních stavů je vystaven nad vodní hladinu, lavice vznikají zpravidla v poklesových fázích povodní, kdy proud ztrácí energii a nesený materiál z něj začíná vypadávat, je to cenné přechodné stanoviště pro řadu rostlin a živočichů (Just a kol, 2005).

Ostrov – splaveninový útvar uprostřed koryta toku, akumulace, která nemá spojení se břehem, často se může vyskytnout vegetace



Obr. 11 Příklad ostrova na Spůlce, tvořen hrubší frakcí, porostlý vegetací.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Mělčina – mělčí část dna, spíše se nachází v tocích s rychlejším prouděním a s větším podélným sklonem, hrubší sedimenty

Tůň – hlubší místo v korytě, s nižší rychlostí proudění vody, nejčastěji vzniká při nárazovém břehu, tůň tlumí erozní účinky proudění, zpomaluje tak další zahlubování koryta, proto je možné záměrně vyhloubit tůň, aby zamezil nežádoucímu samovolnému zahlubování, jemnozrnnější sedimenty

Peřej – úsek s vyšším spádem toku, charakteristické turbulentní proudění, vyskytuje se zpravidla v horských oblastech (Langhammer, 2009)

Skalní stupeň – skalní výchoz vytváří stupeň v korytě toku, přes který přepadává voda

- Dnový substrát

Sleduje se materiál, který se nachází na dně koryta toku a hodnotí se jeho rozsah v rámci daného úseku. Mezi hlavní typy dnového substrátu zaznamenávané do formuláře patří:

Skalní podloží – patrné výchozy skalního podloží v korytě toku

Balvany – zrnitostní frakce 256 mm

Kameny – zrnitostní frakce 64 – 256 mm



Obr. 12 Příklad kamenů v korytě, Pravětínský potok.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Štěrka – zrnitostní frakce 2 – 64 mm

Písek – zrnitostní frakce 0,06 – 2 mm

Jíl a prach – anorganický materiál zrnitostní frakce méně než 0,06 mm

Rašelina – organická hmota vzniklá procesem rašelinění

Umělý substrát – koryto je tvořené umělým materiálem (kamenná dlažba, beton)

(Langhammer, 2009)

V příručce HEM-F je vizuální pomůcka pro odlišení klíčových kategorií substrátu

▪ Upravenost dna

Zaznamenává se rozsah antropogenního zásahu v korytě toku. Mapuje se charakter zásahu do substrátu dna toku. Hodnotí se charakter umělých úprav dna toku – umělé zpevnění, zahlubování nebo zanášení koryta.

Zpevnění dna kamennou dlažbou – dno koryta je antropogenně zpevněno kamenem, zpravidla tato úprava navazuje na úpravu břehů, pokud jsou úpravy staršího data, mohou být obtížně identifikovatelné díky rozvolnění dlažby nebo částečným překrytím substrátem dna

Zpevnění dna betonem – na dně koryta se vyskytuje beton, na malých tocích se většinou jedná o prefabrikované lichoběžníkové profily, u větších toků to jsou především betonové panely, často se vyskytují u mostů

Zatrubnění, zakrytí úseku – zakrytí koryta toku, případně svedení do trubkového profilu, tato úprava koryta se vyskytuje často v intravilánech obcí nebo v místech kde tok protíná valy komunikací

Pravidelné prohrábky koryta – v úseku dochází k pravidelnému odstraňování dnového substrátu, snahou je větší zahloubení koryta pod přirozenou úroveň, odstraňování může souviset s protipovodňovou úpravou, s těžbou nebo pravidelnou údržbou koryta správcem toku

Přidávání splavenin a umělého substrátu – na dno toku se přidává substrát, snahou je snížení zahloubení koryta
(Langhammer, 2009)

- Mrtvé dřevo v korytě

Vlivy mrtvého dřeva v korytě jsou časově i prostorově variabilní. Jeho působení lze klasifikovat na vlivy morfologické (erozně akumulární pochody, chod splavenin, stabilita koryta), biologické (stanovištní a druhová diverzita, okysličování vody), hydraulické (drsnot koryta, směr proudění, disipace proudu) a na látky oběhové (potrava pro živočichy, ukládání minerálních sedimentů). Mrtvé dřevo ovlivňuje hydrauliku proudění, transport minerálních a organických sedimentů a morfologii koryta (www.woodinrivers.eu, 12. 2. 2010).

Za mrtvé dřevo jsou považovány kmen stromu, jeho část, vývraty, shluk větví a části dřevin, které při průměrném ročním průtoku leží ve vodě nebo jsou do ní z velké části ponořeny. Mapuje se četnost výskytu jednotlivých kusů mrtvého dřeva v korytě a navíc se do formuláře zaznamenává i rozsah výskytu k celkové délce úseku. Pro středně velké a velké toky se považují kusy stromů o délce větší než 3 m a průměr větší než 30 cm, kompaktní shluky větví mají rozsah plochy nad 2 m². Pro malé toky s šířkou koryta menší než 10 m jsou tyto hodnoty poloviční. Rozsah se do formuláře uvádí v desítkách procent celkové délky úseku (Langhammer, 2009).



Obr. 13 Příklad shluku větví v korytě, na horním toku Volyňky se často vyskytoval.

Foto: Z. Rettichová, 2010

- Upravenost břehu

Ukazatel upravenosti břehu slouží jako doplňující charakteristika při vymezení úseků. Liší-li se upravenost břehu v jednom úseku o více než jednu kategorii, doporučuje se úsek rozdělit. Mapují se vybrané kategorie upravenosti břehu a zaznamenává se rozsah jednotlivých úprav pro zvolený úsek odděleně pro pravý a levý břeh. Mapované kategorie jsou:

Břeh bez známek úprav – břeh koryta je bez zásahu člověka, nemá patrné známky úprav
Vegetační opevnění břehu – břehové hrany jsou zpevněny přírodním materiálem (plůtky, kulatina)

Gabiony – drátěný koš, který je vyplněn kameny. Toto opevnění zpevňuje a chrání břeh koryta, má řadu výhod, má velkou stabilizační funkci, propouští vodu, spodní vrstva gabionů se přizpůsobí podkladu, koruna zdí se může zatravnit



Obr. 14 Příklad gabionu. Foto: Z. Rettichová, 2010

Polovegetační tvárnice – Tvárnice betonová pro zpevnění svahů, náspů, hrází, popř. dna odvodňovacích kanálů, prostor mezi nimi je zarostlý trávou, z krajinyotvorného hlediska je užití polovegetačních tvárníc obecně diskutabilní

Kamenný pohoz – břeh je tvořen nezpevněným kamenným materiálem, např. ze dna koryta, lomovým kamenem



Obr. 15 Příklad kamenného pohozu na Volyňce, velká část koryta je takto upravována. Foto: Z. Rettichová, 2010

Zpevnění břehu kamennou dlažbou – břeh je zpevněný kameny, které jsou spojeny vyzdívkou

Zpevnění břehu betonem – břeh zpevněn betonovými prefabrikovanými profily nebo panely

Souvislá úprava profilu – celý profil dna i břehů je zpevněn např. betonovými prefabrikáty nebo kamennou dlažbou

(Langhammer, 2009)

- Břehová vegetace

Mezi hlavní funkce břehové vegetace patří ochrana břehů před působením proudící vody. Ochranu poskytuje jak podzemní, tak i nadzemní část rostlin. Tento účinek se především projevuje u dřevinného porostu. Kořeny prorůstají půdním profilem, navzájem se proplétají a mezi sebou uzavírají celé části půdy. V půdě se tak vytvoří hustá síť kořenů, které brání vodnímu proudu v odnášení materiálu tvořícího svahy koryta. K ochraně břehů před poškozením vodním proudem přispívají také nadzemní části rostlin. Přímoou mechanickou ochranu poskytují v menší míře travní porosty. Mnohem větší účinnost mají porosty keřových druhů vrb. Pružné vrbové výhonky se při průtoku velkých vodních stavů ohýbají a tlumí tak nápor proudící vody. Stromové a keřové porosty také ovlivňují účinky vodního proudění, snižují rychlost při březích.

Další funkcí břehové vegetace je i ochrana toku před zanášením a zarůstáním. Pokud na vodní hladinu svítí dostatečné množství slunečního světla, dochází k prohřátí a za nízkého vodního stavu ve vegetačním období se rozšiřují na dně vodní rostliny, které zvyšují drsnost dna a omezují průtočnou plochu. Dochází ke snížení rychlosti vody a v porostech vodních rostlin se usazují jemné splaveniny a plaveniny. Koryto se postupně zanáší. Tento stav nastává především u drobných toků s malým průtočným sklonem dna. Proto je zapotřebí častějších udržovacích prací. Aby nedocházelo k častému zanášení, je zapotřebí zabránit přístupu světla na hladinu. Tomu napomáhá břehová vegetace, stromy, kdy se voda v korytě toku ochlazuje a zabraňuje rozvoji vodní vegetace. V neposlední řadě napomáhá břehová vegetace chránit břeh před poškozením vodou přitékající ze strany do koryta (Novák, Iblová, Škopek, 1986).

Do formuláře se zaznamenává rozsah výskytu jednotlivých kategorií vegetace na levém a pravém břehu samostatně. Hodnoty se udávají v celých desítkách procent a součet kategorií musí vždy dát 100 %.

Přirozený les – podél toku se vyskytuje souvislý les, který je přírodního charakteru. Jsou to např. lesy lužní, smíšené aj.



Obr. 16 Příklad přirozeného lesa. Foto: Z. Rettichová, 2010

Hospodářský les – les má převážně hospodářskou funkci, typické jsou smrkové lesní monokultury

Galeriová vegetace – souvislý pás stromů a keřů podél toku, stromy a keře mají mezi sebou propojení

Přerušované pásy vegetace – na břehu toku se vyskytují jednotlivě pásy stromů a vegetace. Jednotlivé pásy mezi sebou nemají propojení

Jednotlivé stromy a keře – úsek je z větší části volný, vyskytují se samostatné stromy a keře v dostatečných vzdálenostech

Vysoké byliny – porostlé břehy bylinami o výšce přibližně 1 m a více, pro tento typ kategorie břehové vegetace se doporučuje mapovat v době vegetačního období

- Využití příbřežní zóny

Podle normy EN 14614 je příbřežní zóna část pozemku přilehlá k říčním korytu mající přímý vliv na podmínky vodního ekosystému.

Tento pás inundačního území má šířku 50 metrů od koryta toku. Mapují se zvlášť jednotlivé břehy. Do formulářů se zaznamenává procentuální rozsah jednotlivých kategorií.

Les – tato kategorie se již nedělí na přirozený či hospodářský les

Louka – trvalý travní porost

Pastvina – travní porost, který je využíván především k pastvě



Obr. 17 Příklad pastviny při toku Spůlka.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Vodní plochy – patří sem vodní plochy přirozeného nebo antropogenního původu (rybníky, nádrže, zatopené plochy, tůně, mrtvá ramena)

Zemědělská plocha – orná půda, sady, vinice.

Roztroušená zástavba – nejedná se o spojitou zástavbu, patří sem chatové osady, okrajové části sídel, individuální objekty



Obr. 18 Příklad roztroušené zástavby na Volyňce.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Intravilán, průmysl – souvislá zástavba nebo výskyt průmyslového či skladovacího areálu

- Využití údolní nivy

Pro hodnocení využití údolní nivy byly použity stejné kategorie jako má příbřežní zóna. Charakter údolní nivy je hodnocen v celém rozsahu inundačního území.

Proudění a hydrologický režim

▪ Průchodnost inundačního území

V inundačním území se vyskytují objekty a stavby, které mohou ovlivňovat průchodnost vody, omezují tak pohyb říčního koryta a toku napříč územím nebo rozdělují záplavové území.

Do formuláře se zaznamenává výskyt umělých staveb, protínající inundační území nebo stavby vyskytující se podél toku. U povodňových hrází a valů, staveb vedených paralelně s korytem se navíc vyznačuje jejich vzdálenost od koryta toku na pravém a levém břehu. Protipovodňové a ochranné hráze a stavby vedené paralelně s korytem se do formuláře zaznamenávají svým rozsahem. Výskyt objektů se zjišťuje samostatně pro pravý i levý břeh.

Stavby vedené napříč nivou – jsou liniové stavby, které protínají údolní nivou, pokud dojde k rozlivu do inundačního území, brání propustnosti údolní nivy. Patří sem např. náspy komunikací, železnic. Uvádí se počet jejich výskytu

Protipovodňové a ochranné hráze podél koryta – tyto stabilní ochranné hráze a valy vedou paralelně s korytem.



Obr. 19 Příklad nově vybudovaného protipovodňového valu u Čkyně.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Stavby vedené paralelně s korytem – liniové stavby, vedené paralelně s korytem, bývají to nejčastěji náspy silnic, železnic nebo jiného účelu. Tyto stavby brání při vyšších vodních stavech rozlivu vody do inundačního území.



Obr. 20 Příklad stavby vedené paralelně s korytem.

Foto: Z. Rettichová, 2010

▪ Charakter proudění

Terminologii charakteru proudění se nachází v normě EN 14614. Jednotlivé kategorie vycházejí z této normy. Do formuláře se zaznamenává rozsah jednotlivých kategorií charakteru proudění v desítkách procent celkové délky úseku.

Vodopád – svislý nebo příkrý stupeň, vodní tok přes něj přepadá

Stupně, kaskády – více stupňů v korytě, přes které voda přepadá

Peřejnatý úsek – rychlé turbulentní proudění, hladina je neklidná, mělký úsek, proudění vody přes hrubý substrát

Slapový proud – hladina je nepřerušena, rychle tekoucí voda s vířením

Klouzavý proud – hladina je klidná, voda mírně teče, jindy s příležitostným vířením nebo víry a s konstantní hloubkou napříč úsekem koryta

Tůň – v korytě se vyskytuje hlubší část, není větší než 1–3násobek šířky koryta, v místě se neustále vymílá dno

Vzdutí – v úseku dochází ke vzdutí zapříčiněné zahrazením toku jezem nebo hrází

▪ Ovlivnění hydrologického režimu

Ukazatel hodnotí míru umělých zásahů do hydrologického režimu v daném úseku. Zaznamenává se rozsah jednotlivých kategorií ovlivněného průtoku. Hodnoty se uvádějí v desítkách procent celkové délky úseku.

Trvalé vzdutí – jezy, výškové stupně mohou úsek ovlivnit trvalým vzdutím

Periodické vzdutí – část toku je ovlivněna vzdutím, během roku se vzdutí výrazně mění

Vypouštění nebo odběr vody – v úseku dochází k odběru vody. např. pro průmyslové nebo energetické účely. Vypouštění vody do koryta zprostředkovávají průmyslové

podniky, převody vody, derivační kanály malých vodních elektráren, čistírny odpadních vod, hamry aj. (Langhammer, 2009).

Charakter rozlivu při povodni

▪ Charakter rozlivu

Hodnotí se rozsah a hloubka rozlivu v příbřežní zóně a nivě během poslední známé povodně. Tento ukazatel se nejlépe hodnotí těsně po povodňové události nebo krátce poté. S rostoucím časovým odstupem, je velmi komplikované tuto kategorii určit.

Hloubka zátopy se zjišťuje pomocí nepřímého indikátoru. Pokud byl vodní stav vyšší než hloubka koryta, voda se rozlila do inundačního území a zanechala zde stopy. Jsou to např. povodňové náplavy na vegetaci, plotech, stopy na budovách. Někde se objevují i povodňové značky. Velmi cenné jsou informace od místních obyvatel.



Obr. 21 Příklad povodňové značky.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Rozsah povodně v příbřežní zóně a údolní nivě se dá určit pomocí nepřímého indikátoru a dá se také zjistit pomocí mapy nebo leteckého snímku zaznamenávajícího rozliv povodně.

Voda neopustila koryto – při povodni se voda nedostala přes hranu koryta

Rozliv v rámci protipovodňových hrází – v úseku se vyskytuje protipovodňová hráz a je patrné, že voda se během povodně vylila z koryta. Voda se nedostala přes hranu hráže

Rozliv přes protipovodňové hráže – při povodni se voda přelila přes protipovodňovou hráz

Rozliv v příbřežní zóně mělký – maximální hloubka rozlivu v příbřežní zóně byla nižší než 1 m, měří se od úrovně terénu

Rozliv v příbřežní zóně hluboký – maximální hloubka rozlivu v příbřežní zóně byla větší než 1 m, měří se od úrovně terénu



Obr. 22 Příklad hlubokého rozlivu v příbřežní zóně, na plotu jsou patrné náplavy s výškou nad 1 m. Foto: Z. Rettichová, 2009

Rozliv v nivě mělký – maximální hloubka rozlivu v údolní nivě nebyla větší než 1 m, měří se od úrovně terénu

Rozliv v nivě hluboký – maximální hloubka rozlivu v údolní nivě přesáhla 1 m, měří se od úrovně terénu

(Langhammer, 2009)

Geomorfologické projevy a následky povodní

▪ Projevy povodně v korytě, v příbřežní zóně a v údolní nivě

Během povodně vznikají na území geomorfologické tvary. Zaznamenává se četnost výskytu jednotlivých kategorií, do formuláře se vyplňují geomorfologické formy zvlášť pro pravý a levý břeh. Samostatně se hodnotí projevy akumulární a erozní jak v korytě toku, tak i v příbřežní zóně a nivě. Pokud se v daném úseku vyskytne jiný projev povodně než je ve formuláři, doplní se slovně do kategorie Jiné.

Projevy v korytě toku:

Přeložení koryta – voda při povodni přeložila koryto mimo stabilní trasu. Dochází k nalezení nového koryta nebo navrácení koryta do původního průběhu

Drobné korytové akumulace – v korytě se nacházejí akumulace materiálu nahromaděného během povodně, rozsah akumulace se nedá učit číselně, mapovatel musí určit podle vlastních zkušeností

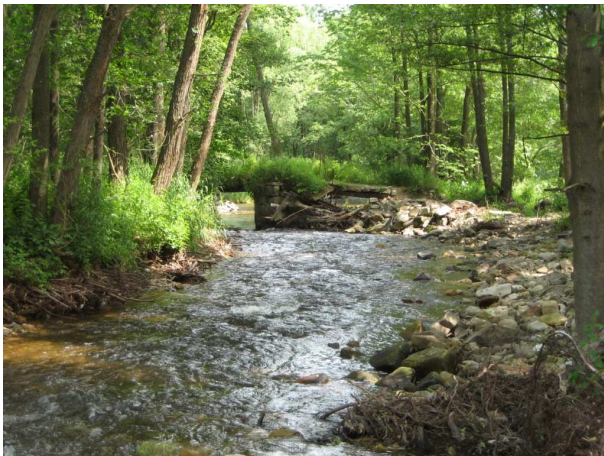
Rozsáhlé korytové akumulace – fluviální akumulace. Opět je složité určit rozsah pomocí konkrétních hodnot. Také velmi záleží na velikosti toku. Opět mapovatel určí podle zkušeností.



Obr. 23 Příklad rozsáhlé korytové akumulace.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Destrukce/poškození mostu – zjevná destrukce nebo poškození během povodně, je třeba ověřit poškození, pokud je např. nahrazen provizorním vojenským mostem



Obr. 24 Příklad destrukce/poškození mostu.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Destrukce/poškození jezu – zjevná destrukce nebo poškození během povodně, nejčastěji jde o rozvolnění kamenné dlažby opevňující břehy i o výraznější poškození konstrukce, tato poškození nebo destrukce bývají ve velmi krátké době po povodni opraveny

Projevy povodně v příbřežní zóně a údolní nivě:

Drobné břehové nátrže – drobné poškození břehu boční erozí, rozsah do 5 m pro jednotlivou nátrž, do samostatného formuláře se slovně a číselně zapisuje její mocnost, maximální rozsah

Rozsáhlé břehové nátrže – výraznější poškození břehu, rozsah nad 5 m pro jednotlivou nátrž, do samostatného formuláře se slovně a číselně zapisuje její mocnost, maximální rozsah



Obr. 25 Příklad rozsáhlé břehové nátrže.

Foto: Z. Rettichová, 2009

Rozsáhlá eroze v nivě – plošně i hloubkově významný odnos materiálu z plochy údolní nivy nebo údolního dna, snadno dochází k odnosu orné půdy

Drobná akumulace v příbřežní zóně – fluviální akumulace v důsledku průběhu povodně o plošném rozsahu do 100 m², nejčastěji je materiálem písek, štěrk nebo drobné kamení, do samostatného formuláře se slovně a číselně zapisuje jeho mocnost, maximální rozsah

Rozsáhlá akumulace v příbřežní zóně – fluviální akumulace o plošném rozsahu větším než 100 m², do samostatného formuláře se slovně a číselně zapisuje jeho mocnost, maximální rozsah, převládající materiál

Drobné akumulace v nivě – plošně drobná akumulace v nivě s rozsahem menším než 100 m², do samostatného formuláře se slovně a číselně zapisuje její mocnost, maximální rozsah, převládající materiál

Rozsáhlé akumulace v nivě – plošně rozsáhlá fluviální akumulace o celkové ploše větší než 100 m², nejčastěji je materiálem písek, štěrk nebo drobné kamení

Přemístění balvanů/velkého objemu hmoty

Destrukce/poškození budov na břehu – zjevná destrukce nebo poškození budovy v důsledku povodně, budova se nachází v blízkosti koryta

Destrukce/poškození budov v příbřežní zóně – budovy poškozeny nebo je patrná destrukce po povodni v lokalitě do 50 m od toku

Destrukce/poškození budov v nivě – budovy se nacházejí v údolní nivě, během povodně byly poškozeny nebo zničeny

Destrukce/ poškození komunikace v nivě – došlo k poškození nebo destrukci komunikace nebo jejích naspů

Protržení/poškození hráze nádrže – poškození nebo protržení hráze rybníka nebo nádrže (Langhammer, 2009)

- Protipovodňová opatření

Ukazatel hodnotí počet výskytu jednotlivých druhů protipovodňového opatření pro pravý a levý břeh samostatně. Protipovodňové opatření má za účel chránit inundační území před rozlivem vyššího vodního stavu.

Protipovodňová hráz – zvýšení břehu koryta, hráz je tvořena jednoduchým nebo dvojitým valem

Mobilní protipovodňová hráz – osazení břehu zařízením pro uchycení mobilních protipovodňových stěn

Poldr – nížinná plocha oddělena hrázemi, během povodně se zaplaví, chrání tak proti zaplavení v dalších oblastech, na této ploše se nenachází žádná zástavba ani důležitá infrastruktura

Opuštěný meandr – mrtvé rameno toku, neprochází jím hlavní koryto toku, může být částečně nebo úplně zaškrveno

Lužní les

Rašeliniště, mokřad

Prostor pro bezpečný rozliv – v území se nachází prostor, kde nevzniknou závažné škody na majetku a infrastruktuře, pokud dojde k jeho zaplavení

Objekty prioritní ochrany v inundačním území – patří sem především historické intravilány obcí, památkově chráněné objekty. Spadají sem i průmyslové provozy, které by při jejich poškození mohly napáchat velké ekologické škody

- Potenciální překážky proudění

Překážky jsou konkrétní objekty vyskytující se v korytě toku, v příbřežní zóně a údolní nivě. Jejich umístění může negativně ovlivnit proudění vody během povodně a tím zapříčinit značné škody během a po povodni. Jde převážně o nesprávně dimenzované nebo lokalizované stavby mostů a propustků. Velké problémy během povodně způsobují překážky umístěné v korytě toku, objekty zužující profil koryta nebo vychylující tok při proudění vody.

Mapovatel volí podle uvážení potenciální překážky proudění a do formuláře udává jejich počet v daném úseku.

Most – za potenciálně nebezpečné mosty se považují takové, které jsou nedostatečně dimenzované nebo nízké a během povodně nedokáží bezpečně provést proudící vodu pod mostní konstrukcí.



Obr. 26 Příklad potenciální překážky v proudění, nevhodně dimenzovaný most v Bohumilicích. Foto: Z. Rettichová, 2009

Propustek – Slouží k odvedení vody (přemostění potoků, otevřených kanálů nebo jen k odvedení srážkové vody) přes násyp zemního tělesa. Mohou být betonové, kamenné, z vlnitého plechu nebo dřevěné. Propustky by měly být navrženy tak, aby dokázaly pojmout dostatečný objem vody. Nedostatečná kapacita se projeví během povodně, kdy je propustek zanesen a voda nemůže proudit svou běžnou trasou.

Překážky v korytě toku – Jsou to různé objekty, stavby nebo pozůstatky, vyskytující se v korytě toku. Při povodni představují překážku proudění, dochází k erozi či akumulaci. Dalším problémem překážky je vychylování proudění a následná eroze. Problémem může být také akumulace materiálu, který přinese tok.

Snížená kapacita koryta – koryto je zúženo zástavbou nebo zanesením materiálu

Zúžení inundačního území – zúžení může být dvojího charakteru, buď antropogenního, kdy člověk využívá prostor údolní nivy, nebo přírodního, které je dáno geomorfologií údolí. Pokud je inundační území zúženo, voda se nemůže rozlít do okolí a urychluje se tak proudění vody.

Nevhodně umístěné budovy v nivě – samostatně stojící budovy v inundačním území mohou přispět ke zhoršení průběhu povodně. Tyto budovy mohou vychylovat proud toku nebo zužovat koryto. Navíc může dojít k jejich destrukci, a tím ke ztrátám na majetku.



Obr. 27 Příklad nevhodného umístění budovy v inundačním území.

Foto: Z. Rettichová, 2009

Střídání napřímené a přirozené trasy toku – pokud napřímený úsek zaústí do meandrujícího úseku nebo zákrutové trasy, dochází k mimořádně intenzivním projevům eroze a akumulace, případně spojeným s destrukcí objektů na toku a v příbřežní zóně. Může také dojít k dočasnému vytvoření koryta, které pokračuje ve směru přímého koryta (Langhammer, 2009).

2. 3. 4. Vyhodnocení výsledků mapování

Výsledky mapování jsou uloženy do databáze, která umožňuje použít rozdílných metod pro hodnocení výsledků. Mezi základní analýzy byly zvoleny:

- Analýza intenzity a charakteru upravenosti říční sítě
- Identifikace kritických prvků říční sítě z pohledu vlivu na průběh a následky povodní
- Typologie povodňových následků

Jednotlivé ukazatele mají rozdílnou informační hodnotu a rozdílné využití při hodnocení. Proto i zpracování vyžaduje rozdílný postup. Část ukazatelů hodnotí intenzitu a charakter upravenosti říční sítě, příbřežní zóny a údolní nivy. Jsou to tzv. intenzitní parametry a slouží pro analytické vyhodnocování.

Následující skupina ukazatelů hodnotí výskyt povodňových projevů a škod v daném úseku. Identifikační ukazatele se používají pro typologii projevů povodní a pro hodnocení vztahu mezi upraveností toků a projevy povodní. Poslední skupina ukazatelů jsou tzv. informační ukazatele. Přinášejí doprovodné informace o charakteristikách říční sítě, údolní nivy. Jejich využití se uplatňuje při interpretaci jednotlivých procesů (Langhammer, 2008).

Analýza intenzity a charakteru upravenosti říční sítě

Vyhodnocení intenzity upravenosti říční sítě z hlediska ovlivnění průběhu a následků povodní se provádí na dvou úrovních, které představují:

- Analytické ukazatele
- Index upravenosti toku

Analytické ukazatele

Toto vyhodnocení intenzity a charakteru upravenosti je na úrovni jednotlivých sledovaných parametrů. Ukazatele jsou hodnoceny podle toho, do jaké míry stávající charakter úpravy potenciálně ovlivňuje proudění při povodni.

Patří sem:

- Upravenost trasy toku
- Upravenost podélného profilu
- Upravenost koryta toku
- Upravenost příbřežní zóny
- Upravenost údolní nivy

Každému parametru je přidělena hodnota v rozsahu 1–5. Hodnota 1 vyjadřuje nejnižší míru potencionálního ovlivnění proudění při povodni a hodnota 5 je naopak míra nejvyšší. Analytické ukazatele jsou hodnoceny jednou číselnou hodnotou pro celý úsek. Příbřežní zóna má hodnocení rozděleno pro pravý a levý břeh.

Skórování

Kvantitativní hodnocení se provádí formou skórování intenzity upravenosti v jednotlivých kategoriích uvedených výše. Skórování odráží význam daného typu úpravy toku nebo nivy pro potencionální ovlivnění průběhu a následků povodně.

Pro zjištění ovlivnění rychlosti proudění v korytě toku je vhodné použít parametry hodnotící upravenost trasy toku a podélného profilu koryta toku. Naopak pro zjištění efektivního využití transformačního a retenčního potenciálu nám poslouží charakter a intenzita využití příbřežní zóny údolní nivy.

Pro jednotlivé charakteristiky jsou zaznamenány dominantní kategorie výskytu v daném úseku a daný ukazatel tak vždy nabývá jednoznačné hodnoty. V následujících tabulkách je ukázán postup skórování pro metodiku HEM-F (Langhammer, 2008).

Tab. 1 Skórování dílčích indexů upravenosti toku a nivy

Upravenost trasy toku

Charakter trasy toku	
Divočící, meandrující nebo zákrutový a sinuosita vyšší nebo rovna 1,5	1
Meandrující nebo zákrutový a sinuosita nižší než 1,5	2
Trasa bez známek umělého napřímení a sinuosita nižší nebo rovna 1,1	3
Trasa bez známek umělého napřímení a sinuosita nižší než 1,05	4
Trasa se známkami umělého napřímení a sinuositou vyšší nebo rovnou 1,05	4
Trasa se známkami umělého napřímení a sinuositou nižší než 1,05	5

Upravenost podélného profilu

Četnost a charakter překážek	
Úsek bez příčných překážek	1
Méně než 1 nízký jez* na 100 m délky úseku	2
Více než 1 nízký jez* nebo skluz na 100 m délky úseku nebo vysoký jez** v hodnoceném úseku	3
Propustek v hodnoceném úseku	4
Hráz v hodnoceném úseku	5

Upravenost dna a koryta

Dominantní kategorie upravenosti	
Břeh bez známek úprav	1
Vegetační opevnění břehu	2
Úprava břehu gabiony, kamenným pohozením nebo polovegetačními tvárnici	3
Úprava břehu nebo dna betonem nebo kamennou dlažbou	4
Zatrubnění úseku nebo souvislá úprava dna a břehu betonem nebo kamennou dlažbou	5

Upravenost příbřežní zóny

Dominantní kategorie využití	1
Les, pastvina	2
Louka	3
Zemědělská plocha, vodní plocha	4
Roztroušená zástavba	5
Intravilán, průmysl	6

Upravenost údolní nivy

Dominantní kategorie využití	1
Les, pastvina	2
Louka	3
Zemědělská plocha, vodní plocha	4
Roztroušená zástavba	5
Intravilán, průmysl	6

* nízký jez – stupeň s výškou nižší nebo rovnou 1 m,

** vysoký jez – stupeň s výškou nad 1 m

Data: Langhammer, 2008

Index upravenosti toku

Mezi další vyhodnocení intenzity a charakteru upravenosti říční sítě patří index upravenosti toku. Představuje ukazatele celkové intenzity zásahů do říční sítě a údolní nivy, hodnocené z pohledu potenciálního ovlivnění proudění při povodni. Index upravenosti toku se vypočte z hodnot zjištěných skórováním.

Index vyjadřuje míru ovlivnění pro celý tok, jeho část nebo bilanční povodí. Je vyjádřen na základě hodnot indexu upravenosti v jednotlivých mapovacích úsecích I_{TE} , vypočtených z analytických ukazatelů.

Vypočtení indexu:

- Index upravenosti úseku I_{TE}

V rámci jednoho úseku je odvozena hodnota indexu upravenosti úseku I_{TE} jako aritmetický průměr hodnot upravenosti hlavních intenzivních ukazatelů

$$I_{TE} = \frac{T_T + T_L + T_B + T_F}{4}$$

Kde je:	I_{TE}	Index upravenosti úseku
	T_T	Upravenost trasy toku
	T_L	Upravenost podélného profilu
	T_B	Upravenost koryta toku
	T_F	Upravenost nivy a příbřežní zóny

T_T , T_L a T_B odpovídají skórování jednotlivých analytických složek. Při výpočtu dílčího indexu upravenosti nivy a příbřežní zóny T_F se bere v úvahu méně příznivá hodnota, zjištěná pro daný úsek v příbřežní zóně a údolní nivě.

Z vypočtených hodnot indexu upravenosti úseku je poté odvozen index upravenosti I_{TS} .

- Index upravenosti toku I_{TS}

Vyjadřuje průměrnou hodnotu indexu upravenosti v rámci povodí. Hodnota prostého indexu upravenosti I_{TS} je vypočtena jako aritmetický průměr hodnot indexu upravenosti úseků zjištěných v rámci dílčího povodí. Použití indexu I_{TS} se doporučuje v případě, že úseky mají stejnou délku.

$$I_{TS} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{TE}}{n}$$

Kde je:	I_{TS}	index upravenosti toku
	I_{TE}	index upravenosti úseku

- Vážený index upravenosti toku I_{TW}

Pokud jednotlivé úseky nemají stejnou délku, je vhodné hodnotu indexu upravenosti vážit délkou úseku. Tento způsob vyjadřuje intenzitu úprav toků a nivy v rámci povodí. Hodnota váženého indexu upravenosti I_{TW} je vypočtena jako vážený průměr hodnot indexu I_{TE} . Vahou je délka úseku.

$$I_{TW} = \frac{\sum_{i=1}^n (I_{TEi} \times l_i)}{L}$$

Kde je:

- I_{TW} vážený index upravenosti toku
- I_{TE} index upravenosti
- l délka úseku
- L celková délka toků

Identifikace kritických úseků

Charakter úprav koryta a údolní nivy může negativně ovlivňovat průběh a následky povodní. Ke zjištění kritických úseků slouží identifikační ukazatele. Za nejvýznamnější typy kritických úprav toků ve vztahu k povodňovému riziku jsou považovány následující:

- Úpravy urychlující proudění a postup povodňové vlny
- Úpravy omezující využití retenčního potenciálu údolní nivy
- Potenciální překážky proudění v korytě toku a údolní nivě
- Nevhodná struktura upravenosti trasy toku

Úpravy urychlující proudění a postup povodňové vlny

Mezi hlavní úpravy patří napřimování trasy toku a úpravy koryta v příčném profilu. Tyto úpravy mohou v některých případech urychlit postup povodňové vlny. Jednotlivé úseky, kde je současně patrné umělé napřimování trasy toku, zpevnění břehu a dna koryta kamennou dlažbou nebo betonem a sinusoida úseku je menší než 1,05, se považují za úpravy napomáhající urychlování odtoku a zrychlení postupové vlny.

Úpravy omezující využití retenčního potenciálu údolní nivy

Antropogenní zásahy v krajině na řadě míst omezily při vyšších stavech rozlité vody do krajiny. Retenční potenciál je tak na mnoha místech omezen. Patří sem především protipovodňové hráze. Za problematické úseky se považují oblasti, kde byly vybudovány liniové hráze podél zemědělských ploch. V těchto oblastech se nevyužije přirozeného potenciálu údolní nivy, voda se nemůže rozlít do krajiny a nemůže tak dojít ke snižování kulminace.

Při identifikaci potenciálně kritických úseků jsou za takové považovány úseky, kde jsou podél toků vybudovány ochranné hráze a zároveň se v úseku nevyskytují objekty prioritní ochrany. Konkrétně se v daném úseku nevyskytuje v příbřežní zóně ani nivě intravilán nebo průmyslová oblast.

Potenciální překážky proudění v korytě toku a údolní nivě

Mezi potenciální překážky proudění patří objekty, které při vysokých vodních stavech mohou měnit charakter proudění, vychylovat směr toku nebo působit jako současná překážka proudění. Velká část objektů během normálního vodního stavu nebo při vyšších vodních stavech není v kontaktu s prouděním vody nebo na něj mají pouze okrajový vliv. Při velkých povodních se však mohou zapojit do odtokového procesu a tím jej mohou velmi ovlivnit např. vychýlením směru proudění, vytvořením dočasné překážky.

Jako hlavní potenciální překážky proudění byly určeny vysoké jezy, propustky, nízké nebo nedostatečně dimenzované mosty, objekty představující překážku proudění v inundačním území, objekty v korytě toku nebo budova na břehu toku ovlivňující směr proudění při rozlivu.

Nevhodná struktura upravenosti trasy toku

Tento kritický typ úprav lze charakterizovat jako výskyt uměle napřimené trasy toku zaústěné do meandrujícího nebo zákrutového úseku. V těchto oblastech dochází k intenzivní erozi a akumulární činnosti. V horších případech dochází dokonce k destrukcím objektů na toku nebo v příbřežní zóně.

Při výběru kritického úseku se hledá prostorová návaznost úseků s různým charakterem upravenosti trasy toku.

Vlastní identifikace jednotlivých kritických úseků se provádí v prostředí GIS, klasifikací podle kritérií, které jsou uvedeny v následující tabulce. Jednotlivé úpravy toku jsou podrobně popsány v rešeršní části práce v kapitole nazvané Úpravy toků ovlivňující průběh a následky povodní.

Tab. 2 Kritéria pro identifikaci kritických úseků

Kritický typ úprav	Ukazatele, použité pro klasifikaci	Výběrová kritéria
Úpravy urychlující proudění a postup povodňové vlny	- Upravenost trasy toku - Upravenost koryta toku - Upravenost dna - Sinuosita úseku, vypočtená jako poměr mezi délkou úseku a délkou údolnice	Známky napřimení trasy toku AND Zpevnění břehů nebo dna koryta kamennou dlažbou AND Sinuosita < 1.05
Úpravy omezující využití retenčního potenciálu údolní nivy	- Využití území příbřežní zóny - Využití území údolní nivy - Průchodnost inundačního území - Upravenost dna	V příbřežní zóně ani údolní nivě se nevyskytuje intravilán ani průmysl AND Hráze podél toku nebo zkapacitnění koryta
Potenciální překážky proudění v korytě toku a údolní nivě	- Upravenost podélného profilu - Průchodnost inundačního území	Výskyt propustky, vysokého jezu, mostu nebo hráze, protínající napříč údolní nivou
Nevhodná struktura upravenosti trasy toku	- Upravenost trasy toku - Sinuosita úseku	Napřimený úsek se sinuositou nižší než 1,05 zaústěný do meandrujícího nebo zákrutového úseku.

Zdroj: Langhammer, 2008

Typologie následků povodně

Typologie se provádí na základě výsledků mapování v ukazatelích geomorfologické projevy a povodňové škody. Tato typologie vyhodnocuje charakter průběhu povodně v jednotlivých částech povodí. Výsledkem jsou převládající geomorfologické projevy povodně v údolní nivě. Lze určit pomocí této typologie oblasti toku a povodí odlišného charakteru působení povodně na prostor údolní nivy. Do formulářů se zaznamenávají základní erozní a akumulární tvary v korytě a příbřežní zóny, zapisují se objekty a infrastruktura poničené povodní. Podle projevu povodně jsou identifikovány následující kategorie projevů povodně:

- Úsek bez následků povodně
- Úsek s erozními projevy
- Úsek s akumulárními projevy
- Úsek s destruktivními projevy

Do formuláře se zaznamenávají údaje pro jednotlivé úseky. Vyhodnocení může být velmi variabilní, jak pro celé toky, tak pro části povodí, ucelené úseky, bilanční povodí. Analýza projevu povodně je prováděna na různých prostorových úrovních.

Při terénním mapování se zaznamenávají erozní tvary: přeložení koryta toku, drobné a rozsáhlé břehové nátrže, eroze v příbřežní zóně a údolní nivě. V rámci akumulárních projevů povodní se sledují drobné a rozsáhlé akumulace, přemístění balvanů nebo přemístění velkých objemů hmot. Za destruktivní projevy se považuje destrukce nebo poškození mostu, komunikací, hrází rybníků a nádrží a budov (Langhammer, 2008).

2. 3. 5. Zpracování výsledků

Jednotlivé výsledky mapování se ukládají do databázové aplikace v prostředí MS Access. Prostorová data jsou založena na vrstvě vodních toků z geodatabáze DIBAVOD. Podle terénního mapování jsou jednotlivé toky rozstříhány na úseky shodující se s úseky ve formuláři. V prostředí GIS je databáze dat z mapování a prostorová vrstva úseků propojena.

Pro urychlení zpracování dat, jejich vyhodnocení a klasifikaci byl vytvořen program HEMF.mbx v jazyce MapBasic. Tento program automatizuje řadu operací. Výsledkem jsou tabulky, převod hodnot parametrů z mapovacího formuláře, vyhodnocení hodnot pro pravý a levý břeh, klasifikace vybraných parametrů, výpočet ukazatelů a indexu upravenosti toku. Během této diplomové práce program automatizující řadu operací použit nebyl a veškeré výpočty byly prováděny pro prostředí MS Excel. Pro skórování intenzity upravenosti bylo v MS Excelu použito funkce „If“. Pro vypočtení Indexů upravenosti bylo použito výše uvedených vzorců.

2. 4. Úpravy toků a údolní nivy a následky povodní

2. 4. 1. Příčiny upravování vodních toků – vývoj lidských zásahů

Lidská činnost zasahovala do koryta toků a jejich niv již od pradávna. Nejstarší u nás zaznamenané zásahy pocházejí ze středověku. Byly to především úpravy spojené s mlýny, pilami a hamry. Toky byly zahrazovány jezy a stupni a voda se odváděla náhony k objektům nebo do jejich zásobních nádrží. Postupně se rozsah těchto úprav na tocích zvětšoval. Velká část mlýnských úprav je dodnes funkční a průtočná. Tyto úpravy většinou nezpůsobovaly tvarovou degradaci koryt toků, ale naopak mohly obohacovat údolí o biotopy, vznikající v náhonech a odpadních strouhách. Mezi negativa patří nadměrný odběr vody z toku.

Také počátky podélné úpravy toků spadají již do středověku, kdy docházelo k plavení dřeva a říční plavbě. Odstraňovaly se nebezpečné kameny a vystupující skály. Tyto úpravy, ačkoliv nebyly příliš rozsáhlé, velmi ovlivnily členitost koryt a údolí. V 19. století zesílily úpravy spojené s plavením dřeva. (Just a kol., 2005)

Regulace zpočátku zasáhly významné vodní toky v nížinných oblastech s vysokou koncentrací obyvatel a průmyslu. Neupravovaly se jen velké toky, postupně se začaly regulovat i drobné toky v pramenných oblastech. Např. v oblasti Šumavy a Pootaví docházelo k úpravám a výstavbě kanálů pro plavení dřeva (Langhammer, 2007).

Hlavní éra technických vodohospodářských úprav, jejichž snahou bylo důsledně regulovat vodní poměry v krajině v zájmu plavby, ochrany před povodněmi a odvodnění zemědělských a stavebních ploch nastoupila až koncem 19. století. Rozvojem strojní techniky bylo snadnější provádět rozsáhlé změny vodních toků i celých niv. Rozvoj vodohospodářských úprav urychlila např. povodeň z roku 1890. Snahou bylo souvislé zkapacitnění sítě vodních toků za účelem rychlého odvádění vody. Dochází k souvislému budování protipovodňových opatření a k prvním melioracím drobných toků. Téměř celé století se nahrazovaly potoky a říčky upravenými toky, svodnicemi a kanály (Just a kol. 2005).

Snahou bylo ochránit rozrůstající se sídla a nově vznikající průmyslové objekty před povodněmi. Proto často docházelo k velmi nákladné regulaci hlavních toků. Na některých místech jsou dodnes základním kamenem protipovodňové ochrany. Hlavními cíli těchto úprav bylo zkapacitnit koryto toku a rychle odvést vodu z ohroženého místa. Významným krokem pro regulace drobných toků byl „meliorační zákon z roku 1884“, další vlna plošně rozsáhlých úprav nastala v souvislosti s pozemkovou reformou v letech 1919–1935. V období první republiky docházelo k regulaci významných toků a také drobných toků v zemědělské krajině. Zpravidla šlo o napřímení drobných toků za účelem odvodnění zemědělsky využívaných ploch a o výstavbu protipovodňových hrází v údolní nivě (Langhammer, 2007).

Existuje řada úprav drobných vodních toků prováděných zajatci za první světové války a nezaměstnanými v rámci veřejně prospěšných prací za hospodářské krize ve 30. letech 20. století. Snahou bylo plošně redukovat vodní toky a další vodní prvky krajiny v zájmu získání zemědělské půdy, případě zastavitelných ploch (Just a kol, 2005).

Velmi významným mezníkem ve vývoji vodního hospodářství se stal Státní vodohospodářský plán z roku 1954, který měl zásadní význam pro rozvoj úprav toků. Do roku 1970 se v celém Československu upravilo přibližně 15 000 km toků a vybudovalo se 2 907 km ochranných hrází (Raplík, M. 1989).

Od 50. let 20. století přišla další vlna rozsáhlých úprav, období socialistické kolektivizace zemědělství se snažilo využít i méně vhodné pozemky k pěstování plodin, a proto se v masivní míře upravovaly drobné vodní toky, docházelo k velkoplošnému odvodňování a melioracím zemědělské půdy. K zásadním změnám v průběhu říční sítě docházelo i v důsledku průmyslové a důlní činnosti. Vyvrcholením pak byla 70. a 80. léta. Tehdy se velkoplošné odvodňování setkalo s mohutnou chemizací zemědělství. Některé úpravy toků byly naprosto nesmyslné. Just a kol. (2005) uvádí: „Tak například upravení koryta potoků a odvodňovací strouhy v terénech s minimálním sklonem byla opevňována betonovými deskami, žlabovkami, polovegetačními tvárniciemi a podobnými konstrukcemi ne kvůli ochraně před vymíláním, které v těchto polohách nehrozilo, nýbrž kvůli snadnějšímu vyklízení usazenin.“ Nepísaná zásada „neupravené koryto – špatné koryto“ se pro mnoho vodohospodářů několika generací 20. století stala samozřejmostí. Tento způsob uvažování je ale starší. Poslední vlna plošných meliorací a úprav drobných vodních toků probíhala v 70. až 80. letech 20. století. V tomto období se meliorace posouvaly do okrajových poloh, které byly přirozeně málo vhodné k intenzivnímu zemědělskému hospodaření.

Také v některých nesocialistických zemích docházelo k velké regulaci vodních toků. Příkladem může být Bavorsko, kde docházelo k velmi tvrdým a rozsáhlým úpravám toků (Just a kol., 2005).

Je však zapotřebí přiznat, že ne vše, co bylo při meliorační výstavbě provedeno, bylo chybné. Například při protipovodňové ochraně intravilánů není často jiná možnost než výrazně zvýšit průtočné kapacity koryta. Stavebně technické úpravy není možno úplně zastavit a zaměřit se pouze na revitalizační úpravy.

Současná míra upravenosti říční sítě v České republice je stejně jako ve většině vyspělých zemích Evropy vysoká. Znamky upravenosti vykazuje 28,4 % délky říční sítě, z útvarů povrchových vod, vymezených na základě legislativy EU je 54 % klasifikováno jako silně ovlivněné (Hladný, Němec a kol., 2006 in Langhammer 2007).

Shrneme-li obecné příčiny úprav drobných vodních toků, jsou to:

- Ochrana území před povodněmi (napřímení, zahloubení a stabilizace koryta (zvyšuje se jeho kapacita) území tak může být snáze využito, větší bezpečnost při využití pro zemědělství, výstavba domů)
- Získání nových ploch zemědělské půdy (napřímením, přeložením trasy původního koryta v ploché nivě k jejímu okraji je možno získat větší nenarušené plochy zemědělské půdy, vhodné pro efektivnější obdělávání)
- Možnost vyústění odvodňovacích systémů (úprava trasy, zahloubení koryta, dochází k zaklesnutí hladiny podzemní vody v jejich okolí a je umožněno gravitační vyústění odvodňovacích systémů všech otevřených i trubních)
- Zajištění soběstačnosti v zemědělské produkci

Cílem úprav toků bylo vždy získání určitého užítku, což však s sebou může nést i řadu vedlejších efektů. Pokud negativní dopady na okolí převládnu nad původním pozitivním vylepšením, lze je nazvat jako necitlivé úpravy. Je bohužel nespornou pravdou, že do této kategorie se řadí velké části úprav prováděných v období socialistického kolektivního zemědělského hospodaření.

Negativní dopady jednotlivých úprav:

- Zkrácení trasy

Dochází k zvýšení podélného sklonu koryta, navíc zvýšení jeho kapacity a nárůst rychlosti proudění. Proto je zapotřebí těžší a stabilnější opevnění koryta.

- Zahloubení koryta

Způsobuje často žádoucí snížení hladiny podzemní vody v jeho okolí, současně dochází ke zvětšení příčného profilu a následně i kapacity koryta. S rostoucí hloubkou a rychlostí proudění nicméně narůstá i namáhání dna a pat svahů, opět vede k navrhování těžšího opevnění.

- Těžší opevnění

V některých úsecích je zapotřebí stabilnější opevnění (těžší a často i hladší), které má za následek další zvýšení rychlosti proudění, snižuje se tak jeho hloubka. To má negativní dopad na oživení a migrační propustnost vodního toku při malých průtocích. Minimální drsnost navíc eliminuje možnost ukládání sedimentu, a tak i tvorbu přirozeného dna.

- Rychlé odvedení vody z povodí

Koryto má větší kapacitu a vyšší rychlost proudění, dochází k rychlejšímu odvedení povrchového odtoku z povodí. To má za následek větší zatížení dolního úseku toku povodňovými průtoky a také větší rozkolísanost průtokového režimu díky nižší retenční kapacitě povodí a větší rychlosti odtoku.

Úpravou toků a niv se ve většině případů zmenšoval rozsah, členitost a stabilita vodního a zvodnělého prostředí (Dostál, 2008).

2. 4. 2. Úpravy toků ovlivňující průběh a následky povodní

▪ Úpravy trasy toku

Mezi nejvýznamnější úpravy trasy toků patří napřimování, zatrubnění a revitalizace. Napřimování trasy toku patří celkově k nejvýznamnějším úpravám z hlediska ovlivnění odtokového režimu. Tím, že dochází k napřimování, se zkracuje délka říční sítě. Hlavní důvody těchto úprav jsou pro účely dopravy, pro odvodnění zemědělských ploch, při intenzivní urbanizaci a industrializaci krajiny. Z hlediska odtoku vody při povodni má zkrácení říční sítě vliv na průběh a následky povodně v krajině. Díky zkrácení délky toku dochází ke značnému snížení objemu říční sítě a tím ke zvýšení podílu odtokové vlny. Voda se dostává mimo koryto. Zkrácení toku navíc vede ke zrychlení postupu povodňové vlny, zvyšuje se strmost jejího tvaru a tím celkově dosahuje vyšších hodnot vodních stavů během kulminace.

Tím, že dochází ke zrychlení postupu povodňové vlny, se zkracuje i čas postupu povodňové vlny územím, který potřebují lidé na evakuaci, zajištění majetku a přípravu protipovodňového opatření. Pokud se voda během povodně dostane mimo koryto a využije se celý profil údolní nivy, zkrácení délky toku se na zrychlení postupu povodňové vlny příliš neprojevuje. Langhammer, Vajskebr (2004) uvádějí, že „vliv zkrácení toku na zrychlení doby postupu povodně a na zkrácení času, potřebného na přípravu záchranných opatření je podstatný zejména u významně zkrácených toků, jakým je třeba dolní tok Blanice.

Velký význam má urychlení odtoku během lokální bleskové povodně, kde je většinou velmi malý předstih předpovědi vlastní povodně.

Dalším projevem zkrácení vodního toku je markantní zvýšení rychlosti proudění v korytě. Příčinou je uniformita rozložení rychlosti proudění v korytě např. odstraněním ramen meandrů. V opuštěných ramenech dochází k diverzifikaci rychlosti proudění. Při zvýšené rychlosti proudění vody se zvětšuje energie povodňové vlny. Čím větší je energie povodňové vlny, tím je silnější destruktivní účinek na objekty v korytě toku a údolní nivě (Langhammer, Vajskebr, 2004).

Strmější tvar čela povodňové vlny má za následek, že průtok a vodní stav při nástupu povodně stoupá rychleji. Opět je rychlost nástupu povodňové vlny rozhodující pro bezpečnou evakuaci obyvatel a ochrany majetku.

Zkrácením délky toku se celkově sníží objemová kapacita koryta v daném úseku. Platí, že za stejné množství času je při stejném objemu povodně koryto toku schopno pojmout menší množství vody. Větší množství vody se tak dostává mimo koryto a vylévá se do údolní nivy. Proto se některá koryta zkapacitněla umělým zahloubením. Tato úprava má opět za následek urychlení vody upraveným korytem.

Důsledky zkrácení vodního toku jsou rozdílné na jednotlivých úsecích toku. Na horním a středním úseku, kde zpravidla dochází k formování povodně, má zkrácení rozhodující vliv. Na dolním úseku se při extrémní povodni voda dostává mimo koryto, do odtoku je zapojena celá údolní niva, a vliv zkrácení říční sítě není tak významný. Lze obecně konstatovat, že hlavní vliv zkrácení sítě na následky povodní nastává v případech povodní s nižší dosaženou extremitou, kdy řeka k rozlivu nevyužívá celý prostor údolní nivy. Pokud voda zůstává v korytě řeky nebo v zóně vymezené protipovodňovými hrázemi, je zkrácení říční sítě důležitým parametrem (Langhammer, Vajskebr, 2004).

Revitalizace patří mezi kladné úpravy trasy toku. Snahou revitalizace je rekonstrukce narušené krajiny a obnovení jejího stavu blízkého přírodě.

- Úpravy podélného profilu

V korytě toku se vyskytují přirozené či umělé stupně, které významně ovlivňují charakter proudění vody v korytě. Jsou to oblasti se zvýšenými destruktivními účinky povodně. Je to oblast, kde se zvyšují erozní či akumulární procesy. Představují překážku přirozeného proudění vody. Tyto úpravy ovlivňují dynamiku proudění nad a pod stupněm. Nad stupněm dochází ke vzduť vody, tím se zpomaluje proudění vody a dochází k rozlivu vody do údolní nivy. Naopak pod stupněm dochází k akceleraci proudění a rozsáhlé erozi (Just a kol, 2005).



Obr. 28 Jez v Bohumilicích, na levé straně je protipovodňová stěna, chránící průmyslovou oblast, během povodně následkem akcelerace proudění došlo k destrukci stěny a zaplavení průmyslové oblasti. Foto: Z. Rettichová

- Úpravy koryta a dna

Hlavním negativem úprav koryta toku je ovlivnění proudění při normálních i extrémních vodních stavech. Vzhledem k tomu, že se při úpravě koryta odstraní např. výstupy, tůně, zarovná se dno, dochází ke zpevnění břehu a dna cizorodým materiálem, dochází ke snížení hydraulické drsnosti koryta, uniformitě toku, navíc se snižuje tření, a

tím se zvyšuje rychlost proudění vody v korytě. Celkově tak dochází k urychlení povodňové vlny. Nejvýraznější efekt úpravy koryta nastává při nízkých dobách opakování (maximum Q_5 – Q_{20}). Pokud dojde k vybřežení vody mimo koryto a do odtoku se zapojí také niva, vliv upravenosti toku na průběh povodně je minimální. Velká část úprav toků, především na drobných tocích je pozůstatkem hydromelioračních opatření z druhé poloviny 20. století (Langhammer, 2007).



Obr. 29 Úprava koryta a dna, zpevnění kamenným pohozením, během povodně dochází k urychlení povodňové vlny. Foto: Z. Rettichová, 2010

Během úprav koryt docházelo také k zatrubnění úseků. Z hlediska protipovodňové ochrany patří tyto úseky k mimořádně rizikovým. U zatrubněných úseků a propustků během povodně může dojít k zahlcení materiálem přineseném vodou a k následnému vybřežení s často silnými destruktivními účinky.

- Úpravy příbřežní zóny

Velmi důležité pro účinnou transformaci povodňové vlny je právě využití příbřežní zóny a také údolní nivy. Nachází-li se v příbřežní zóně orná půda, z hlediska protipovodňové ochrany snižuje přirozenou retenční a transformační schopnost.

Současnou snahou je nahrazování těchto ploch loukami a pastvinami, v menší míře i lesy. Tyto typy krajinného pokryvu snášejí vícedenní zaplavení a hlavně mají schopnost zadržet vodu vylitou do údolní nivy, a tak zpomalit povodňovou vlnu. Zemědělská půda neumožňuje účinnou retenci vody v nivě a navíc právě orná půda může být zdrojem materiálu transportovaného povodní díky rozsáhlé erozi (Konvička a kol., 2002).

- Překážky proudění

Tyto objekty při povodních ovlivňují charakter proudění, vychylují směr toku, působí jako překážka v toku. Patří mezi ně propustky, vysoké jezy, příčné liniové stavby v nivě, nedostatečně dimenzované mosty, budovy na břehu. Podrobnější popis překážek je popsán níže.

- Protipovodňová opatření

Pokud je protipovodňové opatření vhodně navrženo, má kladné účinky. Chrání obyvatele, sídla, průmyslové objekty. Je-li ale protipovodňové opatření lokálně špatně umístěno (mimo intravilán), může jeho vliv dokonce zhoršovat průběh povodně. Dochází např. k urychlení povodňové vlny, k posunu problému do nižších oblastí toku. Je velkou chybou, pokud se zamezí transformačnímu účinku nivy, a voda se tak nemůže rozlít a tím zpomalit.

2. 4. 3. Kritické úseky

V rámci úprav vodních toků lze identifikovat kritické úseky, kde charakter úprav koryta a údolní nivy negativně ovlivňuje průběh a následky povodně (Langhammer, 2008). Tyto kritické úseky jsou vymezeny pomocí metodiky HEM-F. Mezi nejvýznamnější typy kritických úprav toků ve vztahu k povodňovému riziku patří:

- Úpravy urychlující proudění v korytě a postup povodňové vlny

Intenzivní úpravy toků, mezi které patří napřimování trasy toku, úprava koryta toku v příčném profilu mohou v některých případech urychlovat postup povodňové vlny. Napřimování bývá často doprovázeno zkapacitněním koryta a zpevněním břehů i dna, aby byly schopné odolat rychlejšímu proudění a intenzivnějšímu působení fluviálních procesů.

- Úpravy omezující využití retenčního potenciálu údolní nivy

Mezi nejčastější úpravy patří ochranné hráze. Ty brání během vyšších vodních stavů před rozlivem vody do údolní nivy. Pokud jsou tyto hráze vystavěny podél toku v místech, kde chrání sídla, průmyslové objekty nebo důležité stavby, jejich funkce je nezastupitelná. Bohužel v minulosti byly hráze budovány na nevhodných místech, nejčastěji na ochranu zemědělské půdy. Pokud hráze omezují využití přirozeného potenciálu údolní nivy k transformaci a snížení kulminace na nevhodných místech, dochází ke vzniku vyšších povodňových škod při srovnatelné události. Obecně by mělo platit, že je důležitější zachránit lidské životy a obydlí než zemědělskou plochu.

- Potenciální překážky proudění v korytě toku a údolní nivě

Za potenciální překážky proudění se považují takové objekty, které při vysokém vodním stavu mění charakter proudění, vychylují směr toku nebo působí jako dočasná překážka proudění. Jedná se zpravidla o objekty, které při normálním vodním stavu nejsou v kontaktu s prouděním nebo na něj mají vliv pouze okrajový. Během povodně ale mohou ovlivnit odtokový proces, např. vychýlením směru proudění nebo vytvořením dočasné překážky. Patří sem nedostatečně dimenzované konstrukce mostů či propustků. Tyto objekty se často během povodně zahltí dřevem nebo naplaveným

materiálem, vytvoří se tak bariéra pro zadržení proudění vody, a pokud dojde k dosažení kritického vodního stavu, může dojít k protržení a následné akceleraci povodňové vlny, která může mít velmi destruktivní účinky.

Za potenciální překážky proudění se považují vysoké jezy, propustky, nízké nebo nedostatečně dimenzované mosty, objekty představující překážku proudění v inundačním území, objekty v korytě toku nebo budovy na břehu toku ovlivňující směr proudění rozlivu (Langhammer, 2008).

Na středně velkých tocích představují potenciální nebezpečí zejména mostní objekty v intravilánech měst, které v případě jejich částečného nebo úplného ucpání plovoucími předměty splavovanými z výše ležícího zaplaveného území mohou způsobit vzduť kulminační hladiny nad nimi, a tím zatopení přilehlých městských částí. Úplné ucpání může vést k tvorbě velkých výmolů v okolí mostních pilířů a v krajním případě i ke zřícení části mostu (VÚV TGM, 2009).

Křížek, Engel (2007) uvádějí, že v okolí jezů se koncentrují největší erozní a na ně navazující akumulární projevy fluviálních činností. Velmi často je spolu s výškou jezu jejich negativní role ještě zvýšena nevhodným umístěním v zákrutech toků, kde je tok vlivem charakteru proudění náchylnější k vybřežení. Ze studie v povodí Otavy vyplývá, že se výrazně projevil vztah mezi výškou jezu a relativní velikostí toku. Jez vysoký do 1 m na malém toku měl podobný účinek jako vysoký jez nad 2 m, na větším toku.

Propustky bývají často zaneseny materiálem, dochází k akumulaci a k následnému protržení.

- Nevhodná struktura upravenosti trasy toku

Pokud se vyskytne uměle napřímený úsek toku, který zaústí do meandrujícího nebo zákrutového úseku, může v takových místech docházet k velmi intenzivním projevům eroze nebo akumulace. Pokud se na toku nebo v přibřežní zóně navíc nachází objekt, může dojít k jeho destrukci.

2. 4. 4. Geomorfologické projevy povodní

Fluviální činností vznikají geomorfologické tvary, jež mohou mít přímou vazbu s údolní nivou a s procesy v ní probíhající.

Velikost povodně lze charakterizovat pomocí průtoků, vodních stavů nebo četností výskytu. Další významnou charakteristikou povodní je geomorfologická účinnost. Zaznamenává souhrn erozních a akumulárních tvarů vytvořených vodou, odtékající z rozvodí a v korytech toků. Tyto erozní a akumulární tvary se nemusejí vyskytovat pouze v korytě toku, ale také v jeho blízkosti nebo v údolní nivě. Geomorfologická účinnost se vyjadřuje pomocí objemu materiálu splavenin a plavenin odnesených z povodí. To se zjišťuje pomocí terénního průzkumu, hodnotí se změny morfologie koryt toků a svahů, registrují se nové tvary (Hrádek, 2003)

Během povodně dochází ke změnám reliéfu údolní nivy. Vznik je způsoben rozlivem rychle proudící vody, vychýlením proudnice. Významným faktorem ovlivňující morfologické tvary mohou být antropogenní úpravy koryta a nivy včetně způsobu jejího hospodářského využití.

Fluviální procesy lze rozdělit do dvou skupin: erozní fluviální procesy a akumulární fluviální procesy. Charakter procesů se mění v závislosti na pozici konkrétní části údolní nivy z hlediska spádové křivky vodního toku.

Akumulační tvary reliéfu

Nivní akumulace

Povodňové akumulace vznikají fluviální činností, kdy se voda z koryta dostane mimo ně, dochází k tzv. vybřežení. Během rozlivu vody do údolní nivy dochází k následnému usazení povodňových sedimentů. Z hlediska morfologie to jsou povodňové uloženiny v údolní nivě, projevují se drobnými elevacemi nad údolním dnem. Z hlediska sedimentologického jsou akumulární tvary tvořeny různorodým materiálem od nejjemnějších písků, přes štěrky až k zaobleným valounům. Během povodně nejprve dochází k vyplňování jemnozrnnými sedimenty nerovnoměrného terénu a mělkých depresí údolní nivy. Křížek, Engel (2007) rozlišují během mapování v terénu dva typy povodňových akumulací

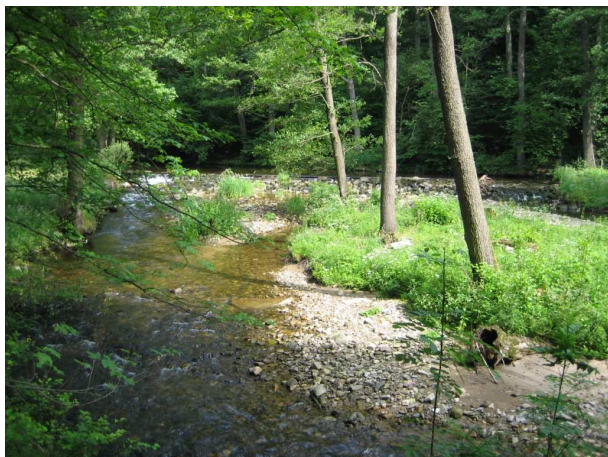
- Starší holocenní fluviální akumulace. Dělí se podle charakteru akumulovaného materiálu na hlinitopísčité, štěrkovokamenité a kombinované, jejich mocnost se pohybuje od několika cm až po 2 m.
- Mladší fluviální akumulace. Tyto akumulace vznikly v posledních letech, po konkrétní povodni, která se v povodí vyskytovala. Akumulace se dělí na hlinitopísčité, štěrkovokamenité a kombinované.

Sedimentace v údolní nivě není rovnoměrná. Je závislá na místních hydraulických podmínkách (tvar a průběh koryta) a mikrotopografii. Je vyzorováno, že při sedimentaci v údolní nivě se projevuje téměř lineární závislost mezi vzdáleností od koryta a intenzitou sedimentace. V blízkosti koryta je sedimentace největší (Křížek 2007a in Walling, He, 1998). Další platností při akumulaci jednotlivých typů sedimentů je jeho plošné rozšíření. Je dáno změnami unášecí schopnosti proudící vody. V blízkosti koryta nebo hlavních povodňových proudnic se akumuluje štěrkovokamenitý materiál. Písečné akumulace převládají v místech, kde je unášecí schopnost menší, tedy v místech rozlivu. Tato zákonitost je platná i v podélném směru vodního toku. Hrubozrnné sedimenty nalezneme bezprostředně za místem, kde vodní tok opustil své koryto. Jak narůstá vzdálenost od koryta, narůstá i podíl jemnozrnnějšího materiálu (písku).

Na rozmístění fluviálních sedimentů má vliv i tvar koryta. Ukládání nových sedimentů se koncentruje do oblasti výraznějších změn směru toku (Křížek, 2007a).

Náplavové (detekční) kužely jsou tvořeny různým materiálem např. štěrkem nebo erodovanou půdou či jemnozrnným materiálem unášeným během povodně. Náplavový kužel je akumulární těleso kuželového tvaru zasahující do údolní nivy hlavního toku z vedlejšího údolí, strže nebo rokle v důsledku náhlého poklesu unášecí schopnosti vedlejšího toku. Plošný rozsah závisí na velikosti přítoku a také na vegetačním krytu území.

Korytové akumulace jsou fluviální uloženiny v prostoru koryta protékaného vodním tokem. Dělí na štěrkovokamenité, hlinitopísčité nebo kombinované. Nacházejí se v místech, kde dochází ke zpomalení proudění, v místě, kde se snížila unášecí schopnost vodního toku (např. okolí zákrutů nebo vyústění vedlejšího toku). Křížek (2007a) uvádí, že existuje polohová vazba mezi korytovými a povodňovými akumulacemi sedimentovanými v údolní nivě. Proto je možno předpovědět místo v údolní nivě, kde by se mohly projevit zvýšené fluviální akumulární procesy během povodně. Korytová akumulace souvisí také s rozmístěním břehové nátrže. Gradace znamená určitý způsob uspořádání sedimentů a vytřídění podle velikosti frakce. Normální gradace znamená, že se v korytové akumulaci směrem po proudu sedimenty zjemňují. Opačná gradace značí, že během akumulace se nejdříve po proudu ukládaly jemné složky a teprve poté hrubé složky. Pokud je akumulace bez gradace, znamená to, že vytřídění sedimentů není patrné. Gradace korytových akumulací přímo koreluje s délkou korytové akumulace. Stabilitu a délku existence korytové akumulace určuje vegetace (tráva, stromy), kterou je porostlá. Akumulace, které nemají spojení se břehem, se nazývají ostrovy.



Obr. 30 Příklad korytové akumulace (ostrov) na toku Spůlka.

Foto: Z. Rettichová 2010

Naopak příbřežní akumulace jsou spojeny s břehem. Ze studie (Křížek, 2007b), při které se zkoumaly korytové akumulace na Sázavě, vyplývá, že šířka korytové akumulace

koreluje s šířkou toku. Dále bylo vyzorováno, že korytové akumulace jsou vázány na jezy, menší korytové akumulace spojené se břehy se vyskytují v oblastech toku neovlivněného jezy.



Obr. 31 Příklad korytové akumulace na toku Spůlka.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Mezi další akumulární geomorfologické formy fluvialního původu, které se objevují mimo koryto patří:

- Výplavový kužel (akumulační těleso převážně kuželovitého tvaru, které vzniklo pod nátrží za gradačním, protipovodňovým nebo jiným antropogenním valem)
- Písečná lavice (poměrně rovnoměrně mocná a rozložená akumulace v nivě, která pokrývá větší plochu. Podílí se svojí mocností na vertikální stavbě údolní nivy)

Erozní tvary reliéfu

Mezi nejvýznamnější erozní tvary patří břehové nátrže, přeložená a opuštěná koryta, protržení valů a břehů, erozní rýhy. Díky erozním procesům dochází ke změně morfologie koryt. Červinka (2003) se domnívá, že častější změny v korytech jsou lokalizovány v úsecích, kde došlo k antropogennímu ovlivnění koryta. Toto pravidlo však neplatí obecně.

Břehové nátrže patří k nejčastějším erozním tvarům. Jejich výskyt je často spjat s antropogenními úpravami toků (jezy, mosty, napřimování koryta, změny směru koryta atd.), dále se vyskytují na nárazových březích.



Obr. 32 Příklad břehové nátrže. Foto: Z. Rettichová 2010

Přeložená, opuštěná a nově vytvořená koryta patří mezi lineární geomorfologické tvary. Tyto koryta vznikají především vychýlením proudnice v místě, kde má vodní tok největší erozní sílu. Přeložené koryto vzniká v důsledku zanesení hlavního koryta nebo oslabením břehů.

Opuštěné koryto je v době povodně nazýváno jako povodňové koryto a aktivně se podílí na proudění vody v korytu. Během povodně tímto korytem protéká voda, po povodni odtok postupně klesá, až se z něj stane opuštěné koryto. Vznik těchto koryt je spojen s destrukcí břehu v zákrutu nebo akumulací v korytě a následným rozvětvením toku.

Během povodně může dojít ke změně morfologie koryta. Voda přemodeluje koryto a může tak změnit jeho celkový profil.

K protržení valů a břehů dochází převážně v okolí jezů a napřímených úseků, kde si vodní toky často našly cestu původním korytem. Další významnou erozní činností je protržení hrází rybníků. Přeliv vody přes hráze vede k postupnému narušení a může dojít dokonce k protržení hráze, které často vyvolá katastrofální povodňovou vlnu.

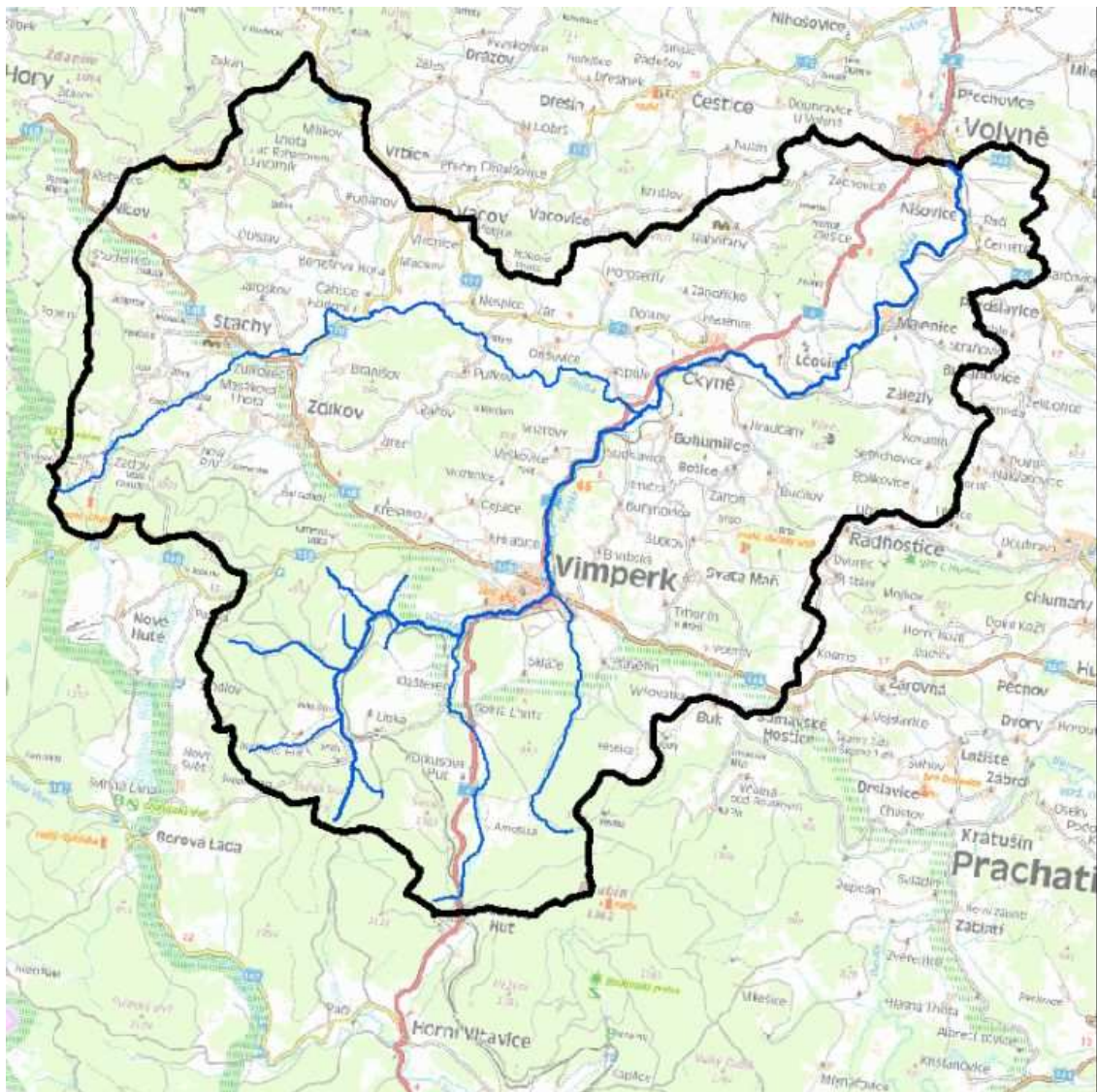
Erozní rýhy vznikají erozní činností vody. Erozní rýha nestabilního tvaru, v nezpevněných horninách se nazývá strž. Větší počet vyskytujících se strží je koncentrován spíše do dolních částí povodí, které jsou charakteristické větší mocností zvětralin a slabším vegetačním krytem, popřípadě nevhodnými antropogenními úpravami terénu.

Existuje spjitost antropogenních úprav a staveb, které mají velký vliv na geomorfologické tvary v korytě a v údolní nivě. Nátrže břehů a změny břehové linie byly vázány na upravené úseky toku, místa přechodu mezi přírodními a upravenými úseky koryta. Mosty způsobují vznik nátrží, vychýlení proudnice, v okolí jezů se vyskytuje zvýšené množství erozních a akumulčních tvarů, antropogenní valy spojené s výstavbou silnic a železnic tvoří často v údolní nivě překážku v proudění vody a v jejich okolí se tvoří erozní i akumulční tvary.

3. Zájmové území

3.1. Vymezení území

Povodí Volyňky je situováno v jižních Čechách. Nachází se v Jihočeském kraji, v okresech Prachatice a Strakonice, patří do správního obvodu k obci s rozšířenou působností Vimperk, Strakonice a Prachatice. Volyňka pramení na východní straně Světlé hory (1124 m), jižně od osady Lipka. V pramenné oblasti protéká malou vodní nádrží (Světlohorská nádrž). Řeka si zachovává zhruba severovýchodní směr. Pramenná oblast leží na Šumavě, střední část povodí od Vimperku se nachází v Šumavském podhůří. Volyňka protéká většími obcemi Vimperkem, Čkyní a Volyní. Řeka je pravostranným přítokem Otavy, do níž se vlévá ve Strakonících. Spadá do úmoří Severního moře. Vymezení pro sledované povodí je uzavřeno ve Volyni.



Obr. 33 Vymezení povodí Volyňky
Data: DIBAVOD, <http://geoportal.cenia.cz>

3. 2. Geologické poměry

Horská oblast Šumavy a šumavského podhůří je částí jádra Českého masivu a to tzv. šumavskou větví moldanubika. Moldanubikum se skládá z krystalických břidlic a migmatitů, které vznikly intenzivní metamorfózou původních hornin, díky vysoké teplotě a tlaku, a z těles hlubinných vyvřelin. Stáří je pravděpodobně starohorní (Chábera, 1986).

„Kromě mohutných variských granitoidových komplexů hlavně karbonského stáří jsou zde přítomny metamorfované, sedimentární, vulkanické i starší hlubinné horniny, u nichž metamorfní procesy vesměs setřely původní charakter a znesnadnily rozpoznání vzájemných vztahů“ (Chlupáč, 2002, s. 198).

Statigraficky se šumavské moldanubikum dělí především na petrografickém podkladě do několika sérií (skupin). Nejstarší částí území je pravděpodobně jednotvárná série (ostrongská), přicházející v hlubších partiích vrstevního sledu. Nachází se v pramenné části Volyňky a v okolí Vimperka. Série dosahuje několikakilometrové mocnosti. Původní horniny této série se usazovaly v hlubokých částech mořské prohlubně za značného tektonického klidu a přínosu jílovitého a písčitého materiálu jako mnohokrát se opakující polohy jílovitých a drobovitých břidlic. Díky opakované metamorfóze z nich vznikly biotické pararuly a migmatity rozličného typu. V jednotvárné sérii téměř chybí křemence grafické horniny (Chábera a kol., 1987).

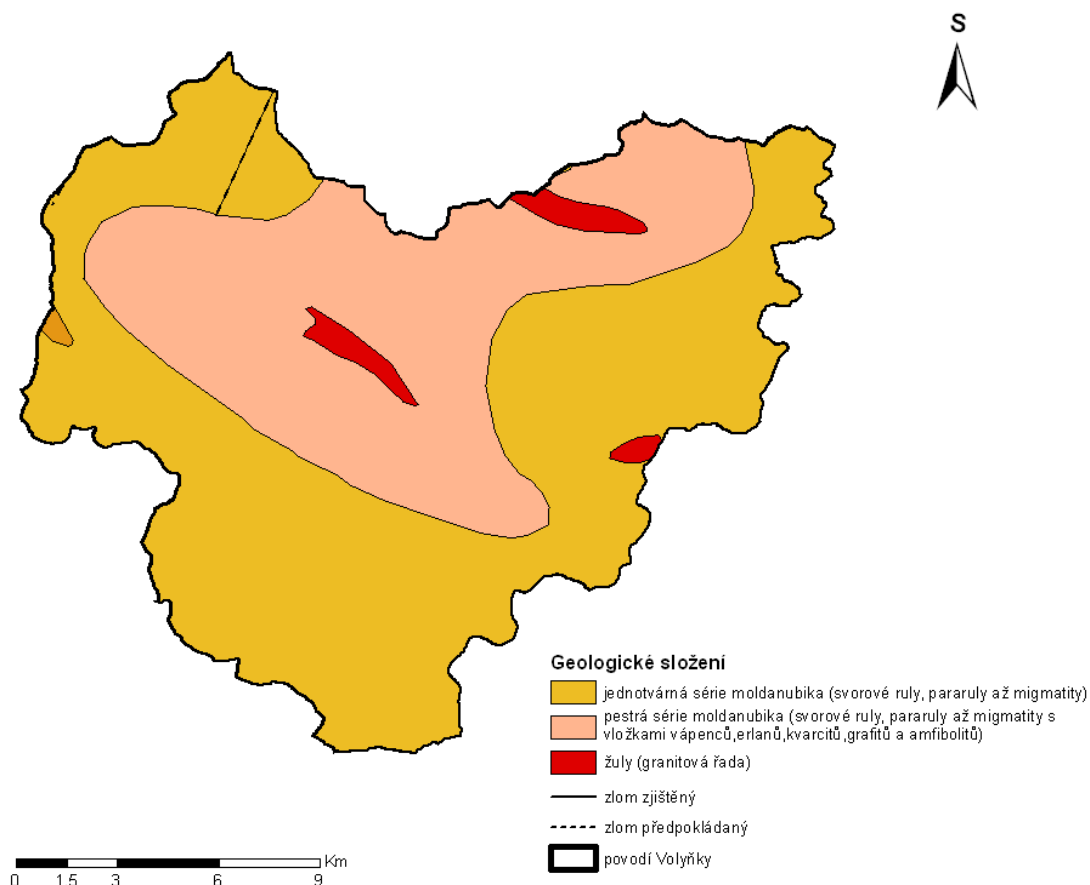
Další, mladší série se nazývá pestrá série. Vznikla také intenzivní přeměnou břidlic a drob, které se usadily v době tektonických neklidů v mělkých částech mořské prohlubně v poměrně blízkosti pevniny. Od jednotvárné série se odlišuje především četnými vložkami krystalických vápenců a s nimi přechody těsně spojených poloh dolomitů a erlanů, eklogitů, amfibolitů, grafických hornin a křemenců. Pestrá série, tvořená mocným komplexem pararul s vložkami uvedených hornin, u kterých došlo k opakovanému vrásnění, a složitá příkrovová stavba se vyskytuje v oblasti mezi Volyní a Vimperkem a také v povodí Spůlky (Chábera, 1986).

V povodí Volyňky nacházíme mj. řadu nalezišť nerostných surovin, historicky i současně využívaných.

Mezi nejvýznamnější ložiska v povodí patří rudy. Starou tradici má těžba zlata. Hlavním producentem zlata byly rozsypy a především náplavy vodních toků, z nichž se zlato dalo snadno získat rýžováním. Největší rozkvět těžby zlata nastal ve středověku. Ložiska byla také zčásti těžena v 18. a 19. století. Mnoho rýžovisek najdeme podél Volyňky a jejích přítoků. Je to patrné z rýžovnických kopečků. U Čkyně se zlato dokonce dolovalo.

Nejdůležitější nerudnou surovinou jsou krystalické vápence. Vyskytují se zpravidla v pestré sérii moldanubika. Jedna z hlavních oblastí na Šumavě je právě oblast

volyňsko-vimperská: Volyně, Zechovice, Čkyně, Sudslavice Žulová oblast menšího významu leží severně od Vimperka. Štěrkopísky tvoří náplavy podél Volyňky (Záloha, 1972).



Obr. 34 Geologické poměry

Data: DIBAVOD, <http://geoportal.cenia.cz>

3. 3. Geomorfologické poměry

Povodí Volyňky náleží geomorfologické oblasti „šumavská hornatina“ a spadá do celků „šumavské podhůří“ a „Šumava“. Šumava je ukloněné pohoří, táhnoucí se v délce 125 km od Svatokateřinského sedla na severozápadě k Vyšebrodskému průsmyku na jihovýchodě. Šířka je kolem 40 km. Šumavou prochází hlavní evropské rozvodí mezi Černým a Severním mořem (Babůrek, 2006).

Šumavské pláně jsou podcelkem Šumavy. Zasahuje sem celá pramenná oblast Volyňky i pramenná oblast Spůlky s jejími přítoky. Šumavské pláně jsou plochou hornatinou s rozlehlými zbytky starého zarovnaného povrchu, nad který vyčnívají oblé vrcholy – suky (Demek a kol., 1987). Plochý nebo mírně zvlňžený terén Šumavské pláně

leží ve výšce 1 000 m n. m. Tyto ploché horské hřbety přecházejí pozvolnými svahy v mělké deprese nebo široká údolí druhohorních a třetihorních toků (Chábera, 1986).

Podle obr. 35 do Šumavských plání náleží okrsky Kvildské pláně, Knížecí pláně a Javornická hornatina. Okrsek Kvildské pláně, která má široké a mělké terénní deprese, vyplňují četná rašeliniště. Knížecí pláně jsou pramennou oblastí Volyňky, Medvědího a Arnoštského potoka.

Směrem k severu se Šumava pozvolna, místy ne zcela zřetelně, proměňuje v Šumavské podhůří, které je poměrně členité. Podhůří připadá větší oblast z povodí. Z podcelků mu náleží Vimperská a Bavorská vrchovina.

Díky erozi vodních toků je podhůří rozčleněné. Příkré údolní svahy ostře kontrastují s převládajícím kopcovitým terénem. Vimperská vrchovina je na jihu přechodem horského pásma Šumavy, nadmořská výška se směrem k severu snižuje. Vyšší jižní část vrchoviny rozděluje údolí Volyňky na Vacovskou vrchovinu na západě a Bělečskou vrchovinu na východě, kde se nachází nejvyšší vrchol Běleč (922 m). Významným vrcholem je Mařský vrch (907 m) s balvanovým mořem na vrcholu. Okolí Volyňky spadá do Bavorské vrchoviny s řadou vrcholů přes 600 m.

Aktivní morfostruktury jsou výsledkem netektonických pohybů, které probíhaly od oligocénu. Díky těmto netektonickým pohybům vznikla šumavská megaantiklinála. Toto ukloněné křídlo tvoří šumavské podhůří. Pasivní morfostruktury odrážejí především vlastnosti zpevněných hornin. Tyto geomorfologické vlastnosti se měnily v závislosti na změnách podnebí a dalších geomorfologických pochodech. Struktury vznikaly např. v oblastech krasovějících hornin. Krasové jevy (jeskyně) se vytvářely v rozpustných krasovějících horninách (Chábera, 1998).

Nedaleko obce Sudslavice, na pravém údolním svahu Volyňky, se nalézají v rulách ostrůvek krystalického vápence, tvořící vrch Opolenec. Tento lom je již do značné míry vytěžen. Ve vápencové vložce bylo původně vytvořeno několik krasových dutin a jedna prostornější jeskyňka, které byly bohužel těžbou zničeny. J. N. Woldřich (1880–1883) zde našel velké množství osteologického materiálu pleistocénní fauny, přibližně 9 000 kostí a 13 000 zubů náležících 70 zvířecím druhům. V současné době najdeme u Sudslavic pouhé torzo jeskyně, tvořené asi 15 metrovou chodbou, která dosahuje největší šířky 5 metrů a v nejužším místě měří 1,5 m. U obce Malenice, 4 km jižně od Volyňky, leží Jiříčkova skála, v jejíž dolní části byla v roce 1920 objevena krasová jeskyňka. Malenická jeskyňka poskytla mnoho kosterních pozůstatků 75 druhů obratlovců. Sudslavická i Malenická jeskyňka byly pro svůj vědecký význam prohlášeny chráněnými geologickými výtvoři (Chábera a kol., 1987).

K morfoskulpturním rysům patří tvary utvářené vnějšími geologickými pochody. Působení těchto pochodů je do značné míry ovlivňováno podnebí. Zbytky paleogenního povrchu označujeme názvem etchplén. Poměrně rozsáhlé plochy etchplénu jsou zachovány na měkce zvláhlém povrchu Šumavských plání ve výšce

1 000 až 1 100 m n. m. V Šumavském podhůří je dobře patrné vkládání mladších úpatních zarovnaných povrchů. Podél údolí řeky Volyňky se táhnou dvě úrovně pedimentů. Právě pedimentace vytvořila příznačný reliéf krátkých hřbetů a vrcholů vyčnívajících z mírně ukloněných povrchů. Podle J. Kuského (1944) tvoří tvrdá žilná jádra osy hřbetů nebo sukové středy kup a plochých kleneb a svahy těchto pahorkovitých elevací (pedimenty) jsou tvořeny měkčími žulami a rulami. Tyto tvary lze pozorovat na souboru rovnoběžných hřbetů na pravém břehu Volyňky, u Volyně (Chábera a kol, 1985).

Z geomorfologického hlediska lze povodí rozdělit do několika částí. Pramenná část Volyňky a jejích přítoků se zařezává hluboce do údolí a tato údolí mají charakter tvaru V.



Obr. 35 Pohled na Medvědí potok (pramenná oblast Volyňky) protékající údolím tvaru V. Foto: Z. Rettichová, 2010

Ve střední části toku má Volyňka vyvinutou údolní nivu. Toto území je charakteristické plochou vrchovinou. Údolí toku vytváří v erozně denudačním reliéfu hluboké, ostře ohraničené údolí. Povodňové akumulace tak vznikly díky fluvialní činnosti vodního toku po jeho vybředění z koryta (Křížek, 2002). Jak již bylo zmíněno výše, a na základě analýzy sklonitostních poměrů obr. 39, se v pramenné oblasti Volyňky vyskytují zaříznutá údolí s velkou sklonitostí a tato strmost se pozvolna zmenšuje. V dolní části toku se objevují údolní nivy. Sklonitost svahu a tvar údolí mohou velkou měrou ovlivnit průběh povodně.



Obr. 36 Údolní niva ve střední části Volyňky.

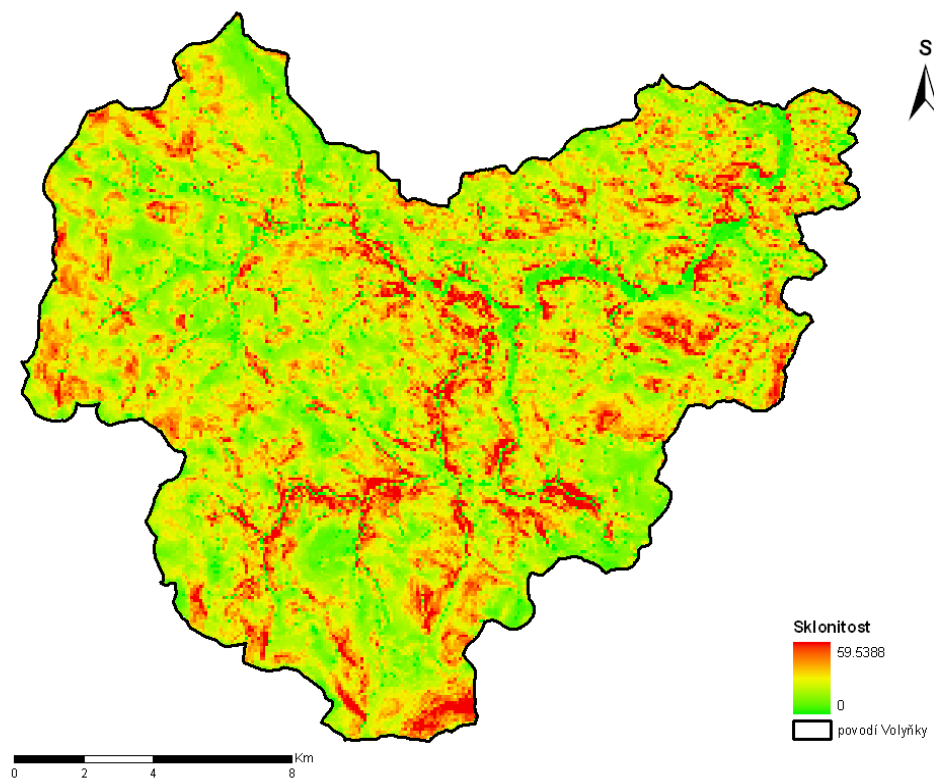
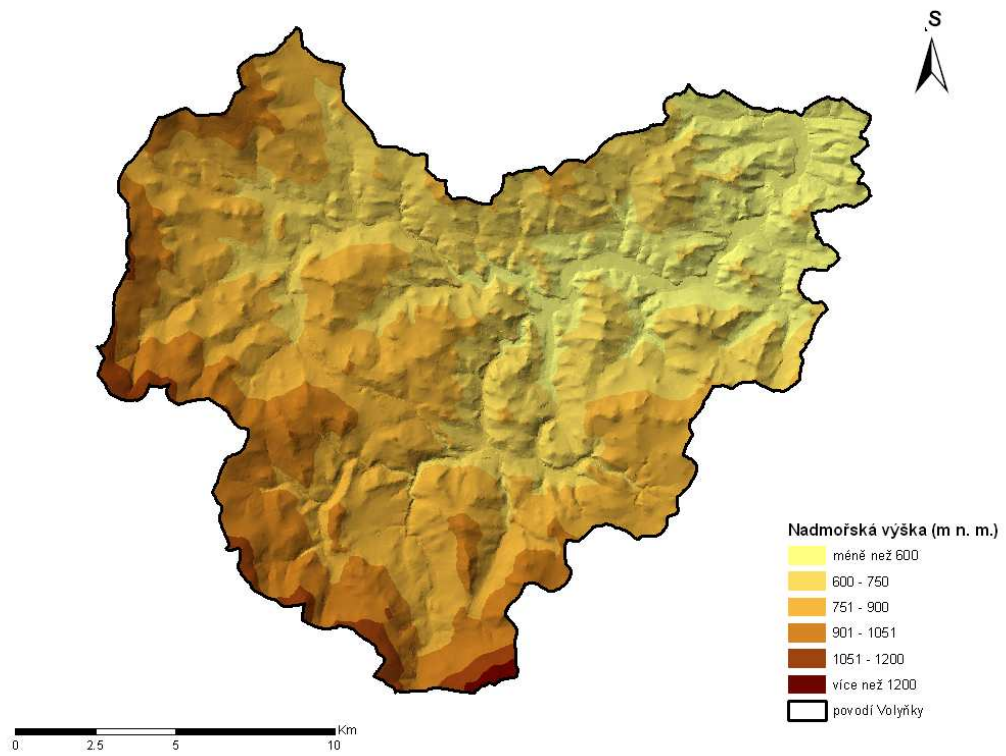
Foto: Z. Rettichová, 2009

Pramenná oblast Spůlky a jejích přítoků se nachází v oblasti plání se zarovnaným povrchem a s mírnými svahy. Po soutoku s Horským a Mladíkovským potokem se tok zařezává do svahů a vytváří se údolí typu V.



Obr. 37 Geomorfologické členění reliéfu

Data: DIBAVOD, <http://geoportal.cenia.cz>



Obr. 38;39 Výškové poměry (nahore), sklonitost (dole).

Data: DIBAVOD, ZABAGED

3. 5. Klimatické poměry

Šumava se nachází v oblasti přechodného středoevropského klimatu a podle klimatického členění ČR patří hlavní část pohoří do chladné klimatické oblasti. Podnebí má přechodný ráz, uplatňují se zde vlivy oceánského i kontinentálního klimatu. V průběhu roku jsou zde poměrně malé teplotní výkyvy a poměrně vysoké úhrny srážek se stejnoměrným rozložením během celého roku.

Velmi významný vliv na charakter podnebí má orientace pohoří Šumavy. Horské pásmo tvoří návětrnou či závětrnou stranu vůči různým pohybujícím se vzduchovým hmotám. Ty přinášejí určitý typ povětrnosti a tím mohou být účinky buď oslabeny, nebo zesíleny.

Povodí Volyňky lze rozdělit na dva klimaticky odlišné části. „Hlavní oblast“ kam patří pohraniční pásmo Šumavy, spadá sem i oblast Plání a Boubínské hornatiny s polohami nad 800 m n. m. Druhý klimatický celek tvoří severní a severovýchodní svahy vnitrozemského pásma pohoří a přilehlá část Šumavského podhůří (Strnad, 2003) V roce 1848–1880 vznikla pozorovací meteorologická stanice ve Vimperku, ale její činnost byla několikrát přerušena.

3. 5. 1. Teplota

Obecně platí, že teplota ubývá s výškou. Teplotní gradient se mění s nadmořskou výškou i roční dobou. Podle atlasu podnebí Česka (2007) má povodí Volyňky průměrnou roční teplotu vzduchu v rozsahu od 5–8 °C. V pramenné oblasti se dokonce objevují ostrůvkovitě průměrné teploty 4°C. Pramenná oblast spolu s Pláněmi má průměrnou roční teplotu vzduchu 5 – 6 °C. Od Vimperka se postupně teplota zvyšuje na 7 °C a v oblasti Volyně dosahuje 8 °C.

Jarní část roku má povodí teplotu v rozsahu 4–8 °C. V létě vystoupí průměrné teploty v rozmezí 11–15 °C, na podzim od 5–7 °C a v zimě od -1 po -3 °C.

Podle Quittova klasifikace klimatu je oblast povodí rozdělena do dvou jednotek ve čtyřech oblastech. Nepatrné území v okolí pramene Volyňky patří do chladné oblasti CH7. Zbytek povodí směrem na sever již odpovídá mírně teplé oblasti (MT). Povodí je možno rozdělit do klimatických oblastí CH7, MT2, MT3 a MT7. Území po Vimperk spolu s přítoky spadá do oblasti MT2. Část povodí mezi Čkyní a Volyní patří do oblasti MT7. Nepatrné území z povodí Spůlky náleží oblasti MT3 (Atlas podnebí Česka, 2007).

Tab. 3 Klimatické charakteristiky

	CH7	MT2	MT3	MT7
Počet letních dní	10–30	20–30	20–30	30–40
Počet dní s prům. teplotou 10°C a více	120–140	140–160	120–140	140–160
Počet dní s mrazem	140–160	110–130	130–160	110–130
Počet ledových dní	50–60	40–50	40–50	40–50
Průměrná lednová teplota	-3– -4	-3– -4	-3– -4	-2– -3
Průměrná červencová teplota	15–16	16–17	16–17	16–17
Průměrná dubnová teplota	4–6	6–7	6–7	6–7
Průměrná říjnová teplota	6–7	6–7	6–7	7–8
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	120–130	120–130	110–120	100–120
Suma srážek ve vegetačním období	500–600	450–500	350–450	400–450
Suma srážek v zimním období	350–400	250–300	250–300	250–300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	100–120	80–100	80–100	60–80
Počet zatažených dní	150–160	150–160	120–150	120–150
Počet jasných dní	40–50	40–50	40–50	40–50

Data: Atlas podnebí Česka, 2007

3. 5. 2. Srážky

Velká část povodí v důsledku závětrné polohy vůči převládajícímu proudění a působením fénu má méně srážek než činí normál. Relativně suché je podhůří Šumavy (Volyně 561 mm). Při převládajícím jihozápadním větru se v zimě projevuje návětrnost hlavního hřebene Šumavy s 20 až 40% nadbytkem vláh. Naopak závětrná oblast Šumavy a podhůří mají v zimě proti normálu o 20 až 40 % srážek méně. V létě vlivem změny převládajícího vzdušného proudění na směr od severozápadu až severu přestanou být severovýchodní svahy Šumavy v závětrí a stanou se některými svými vrcholy návětrnými. Např. Volyně má v letním období 40,7 % srážek (Nekovář, 1967).

Podle atlasu podnebí Česka (2007) má povodí v rozmezí od 600–1000 mm průměrných roční úhrn srážek. Ty klesají s nadmořskou výškou. V horském pásmu dosahují hodnoty 1000 mm. V okolí Vimperka klesá roční úhrn srážek na 800 mm. V oblast mezi Čkyní a Volyní se vyskytují hodnoty 600 mm.

Celkové množství srážek vzrůstá s nadmořskou výškou. Izohyeta 700 mm prochází po severním svahu Šumavy asi ve výšce 650 m n. m. až 700 m n. m. Směrem na jih pak izohyety stoupají zhruba o 100 až 150 mm na každých 100 m. Oblast Volyně má izohyetu necelých 600 mm.

Nejsuššími měsíci jsou leden a únor, červenec je nejdeštivějším měsícem. V jarní části roku je množství srážek v celém povodí poměrně rovnoměrné. Dosahuje 150 mm. Jen pramenná oblast a Pláně mají vyšší hodnoty 200 mm. Zvláštností není ani nižší úhrn

srážek v okolí Volyně dosahující 125 mm. Letní období je nejdeštivějším, hodnoty v pramenné oblasti a na pláních dosahují až 400 mm. V dolní části toku v okolí Čkyně klesá úhrn srážek na 250 mm. Na podzim se průměrný úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 125–200 mm. Zimní období je již více variabilnější, kdy zřetelněji klesá množství srážek s nadmořskou výškou. Dolní část povodí má 100 mm a pramenná oblast dosahuje až 250 mm (Atlas podnebí Česka, 2007).

Tato oblast je také zajímavá tím, že tu jsou poměrně velké úhrny doby trvání slunečního svitu vzhledem k republikovému průměru, tedy jen v chladné polovině roku. To souvisí s menším výskytem oblačnosti. Převládající jihozápadní proudění v závětrí funguje dobře při rozpouštění inverzní oblačnosti. Proto má úhrn doby trvání slunečního svitu také souvislost s podprůměrnými úhrny srážek v lednu a v únoru a s výraznou kladnou teplotní anomálií.

Sníh tvoří jednak zásobu vláh pro prameny potoků a řek, navíc pak brzdí rychlý nástup jarních teplot v této oblasti. Šumava oproti ostatním pohořím v České republice má nižší sněhovou pokrývku je i teplejší. Je to způsobeno tím, že se při jihozápadním proudění uplatňuje fénový vliv poměrně blízkých Alp (sestupem z Alp se vzduch na závětrném svahu ohřívá a vysušuje). Navíc fénový vliv Alp snižuje i vydatnost srážek teplé poloviny roku.

Celkové roční množství sněhových srážek je ve Vimperku 200 mm, tj. 28 % všech srážek, v listopadu leží v podhůří asi 10 cm sněhové pokrývky (Švec, Nekovář, Vojtěch, 1967).

Podle atlasu podnebí Česka (2007) je průměrný sezónní počet dní se sněhovou pokrývkou v pramenné oblasti 140 dní, v Okolích Čkyně 100 dní a u Volyně 80 dní.

3. 6. Hydrografické a hydrologické poměry

Celé povodí Volyňky odvodňuje 426,79 km². Vymezené území se závěrovým profilem ve Volyni zaujímá 287 km². Volyňka je tokem IV. řádu. Pramení na východním svahu Světlé hory (1124 m), jižně od osady Lipka v nadmořské výšce 939 m n. m. Pod Lipkou protéká horským, hluboce zaříznutým údolím. Tato oblast je zalesněna, tok místy lemují louky a pastviny. V horním toku až po Bohumilice má bystřinný ráz o velkém sklonu koryta. V pramenné oblasti protéká Volyňka malou vodní nádrží (klauzura).



Obr. 40 Světlohorská nádrž. Foto Z. Rettichová, 2010

Tato nevelká Světlohorská nádrž sloužila především k plavení dřeva v poměrně těžko přístupném lese. V současnosti vytváří nádrž nevypustitelné jezírko o rozloze 0,2 ha. Břehy této nádrže jsou tvořeny vyskládanými kameny. Průměrná hloubka nádrže je 2,5 m. V posledních letech je nádrž významná především pro výskyt raka říčního.

Podle Chábery (1987) jsou Volyňka a Blanice staré svahové toky stékající z boubínského a želnavského pásma Šumavy do severozápadní části Českobudějovické pánve a vytvářejí v popisované oblasti hluboká erozní údolí se značným spádem.

Od Vimperka dostává údolí charakter podhorský. Údolí je otevřenější, rozšiřuje se v této oblasti a vyskytuje se zde již více luk. Oblast je méně zalesněná. Volyňka dále protéká Sudslavicemi, Bohumilicemi, Čkyní, Malenicemi, Volyní.

Prvním větším levostranným přítokem je Medvědí potok protékající Medvědí jezírkiem, bývalou retenční nádrží. V pramenné části potoka se nachází rašelinná louka.

Potok je charakteristický zařízlým údolím zvaným Brloh, což byl hluboký důl podél toku.

Severně od Klášterce vyúsťuje zprava 8,2 km dlouhý Arnoštský potok. Nad Vimperkem přijímá Volyňka Křesanovský potok o délce 5 km. Ve Vimperku se vlévá do Volyňky pravostranný Pravětínský potok (8,7 km).



Obr. 41 Pravětínský potok. Foto: Z. Rettichová, 2010

Největším přítokem Volyňky je tok Spůlka dlouhý 19,2 km. Tento levostranný přítok pramení v ploché oblasti plání. Pláně se výrazně zdvihají nad okolní reliéf do nadmořské výšky 1000 – 1200 m a vytvářejí náhorní planinu. Ta je pokryta rozlehlými lesy i rašeliništi. Levostranné přítoky Spůlky také pramení v oblasti Šumavských plání. Další část toku má Spůlka povahu bystřice, kdy je údolí hluboce zaříznuté do svahu. Spůlka má levostranný přítok Jáchymovský potok (4, 6 km), u obce Čábuz se vlévá do Spůlky zleva 8 km dlouhý Horský potok a nedaleko po směru proudění 7 km dlouhý Mladíkovský potok. Pravostranným přítokem Spůlky je Zdíkovský potok. Povodí Spůlky měří 104,172 km² a průměrný roční průtok se při ústí pohybuje kolem 0, 97 m³.s⁻¹ (ČHMÚ)

Na Volyňce i ostatních tocích bývalo na 80 zařízení na vodní pohon, jako jsou mlýny, pily, hamry. Je to dáno značným spádem toků a stálým průtokem vody (Albrecht, 1986).

Volyňka má nesymetrické povodí, převažují levostranné přítoky. Hydrografické pořadí řeky je 1-08-02, je to povodí III. řádu. Na toku Volyňky existuje v současné době jedna vodoměrná stanice v Sudslavicích, další vodoměrná stanice se nachází na řece Spůlce při soutoku s Volyňkou v Bohumilicích a na Stašském potoce v Novém Dvoře.



Obr. 42 Vodoměrná stanice v Sudslavicích.

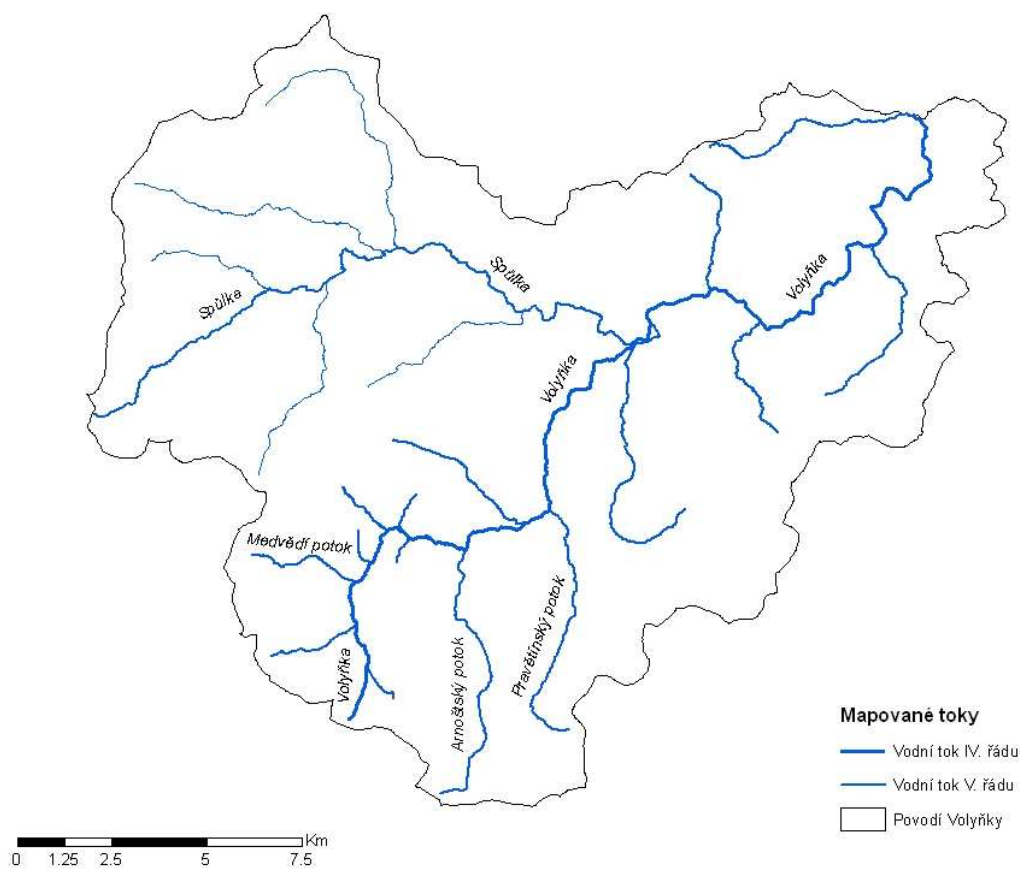
Foto: Z. Rettichová, 2009.

V Tab. 4 nalezneme podrobné charakteristiky jednotlivých stanic. Z celkového povodí Volyňky zaujímá vymezené území po Volyni 67,2 %.

Tab. 4 Charakteristiky vodoměrných stanic

Tok	Stanice	Průměrný roční stav (cm)	Průměrný roční průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	SPA I ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	SPA II ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	SPA III ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Q_1	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
Volyňka	Sudslavice	44	0,85	9,4	19,9	32,7	9,1	31	56	70
Spůlka	Bohumilice	100	0,97	23,2	34,7	47,8	11	39	68	84

Data: ČHMÚ



Obr. 43 Hydrografie povodí

Data: DIBAVOD

3. 7. Pedologické poměry

Půda se v minulosti utvářela a v současné době udržuje pod vlivem působení faktorů a podmínek půdotvorného procesu, mezi které patří hlavně klima, půdotvorný substrát, reliéf území, hydrologické poměry, vegetační kryt, čas, vliv člověka a jeho hospodářská činnost. Klima v povodí se vyznačuje poměrnou chladností a humiditou, proto chybí půdy černozemního charakteru. Reliéf území se při tvorbě půd v povodí uplatňoval především ve vztahu k vodní erozi. V členitém terénu dochází k plošné vodní erozi, tím jsou půdy neustále omlazovány a nedochází zde tedy ke tvorbě zralejších půdních typů. Vegetační kryt je jedním z nejvýznamnějších činitelů při tvorbě půd. Horské smrčiny rostoucí na hnědých půdách podzolovaných a podzolech se uplatňovaly pouze ve vyšších polohách Šumavy (Chábera a kol, 1985).

Vliv člověka na tvorbu půd může mít pozitivní či negativní dopad. Mezi negativní vlivy patří vystavení půdního povrchu intenzivní erozi, odnos nevyužitých živin do okolního prostředí. Tyto dopady se vyskytují spíše ve střední a dolní části toku. Je to dáno tím, že pramenná oblast se nachází v CHKO, kde zásah člověka do krajiny je velmi omezený.

Podzoly jsou zastoupeny ve vyšších horských polohách, ve vlhkém a chladném klimatu. Tyto půdy vznikají především pod jehličnatými, zejména smrkovými lesy. Podzoly se uplatňují především ve výškách nad 800 m n. m. Podzoly jsou půdy s velmi nízkou přirozenou úrodností. Část jich je v povodí také využita jako louky a pastviny (Tomášek, 2003). V povodí Volyňky se podzoly vyskytují v oblasti Šumavy a jižní části Šumavského podhůří.

Gleje se vyskytují především v nivách vodních toků a zamokřených úpadech. Centrem jejich rozšíření je pahorkatina a vrchovina. Gleje jsou ze zemědělského hlediska méněcenné a bývají využívány jako louky (Tomášek, 2003).

Glejové prostředí vzniká v prostředí trvale vysoké hladiny podzemní vody pod mělkou vrstvou humusu. Glejový horizont je jílový, mazlavý, zbarvený do zelenavých a modrých odstínů (Babůrek, 2006).

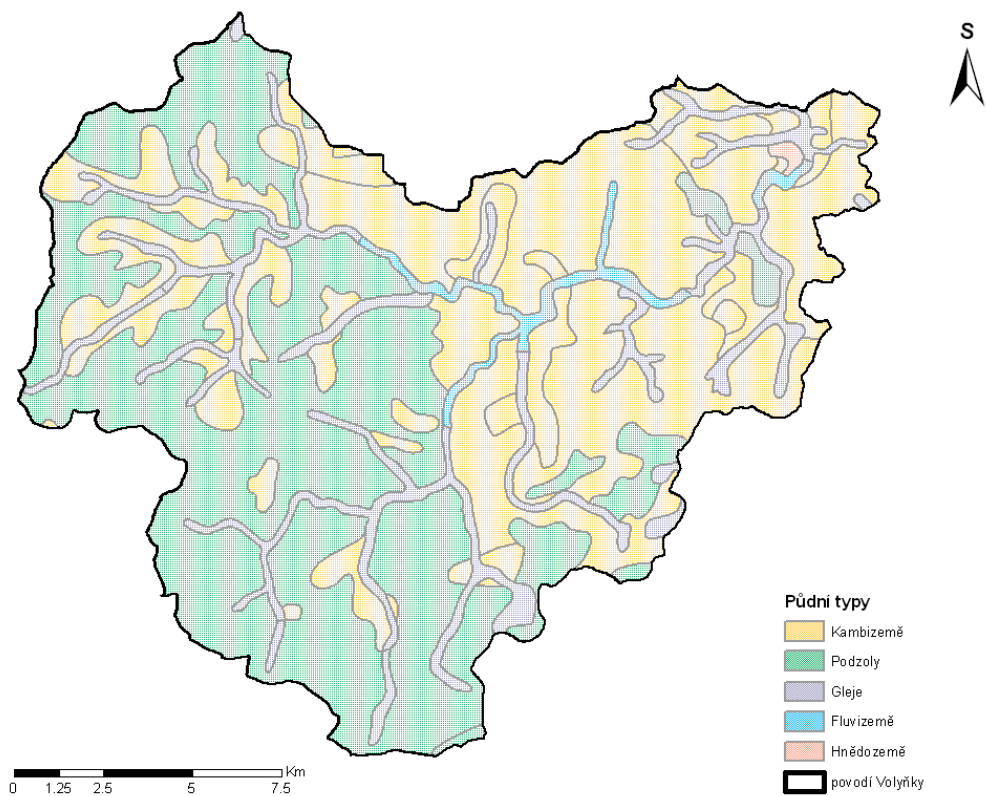
Převážnou část Šumavského podhůří pokrývá nejhojnější český půdní typ kambizemě. Jde o půdy pod původně listnatými lesy, vývojově mladé. Jsou nejvíce rozšířeny mezi 450 – 800 m n. m. a vázány většinou na členitý reliéf. Klima převažuje humidnější a mírně teplé. Hnědé půdy jsou střední až nižší kvality. Pěstují se na nich

především brambory, méně náročné obiloviny a len. Mohou být také velmi dobrými lesními stanovišti (Tomášek, 2003).

Výrazné jsou především v nivě toku Spůlka, ale prakticky se vyskytují podél všech toků v povodí.

Fluvizemě vznikají v údolích větších řek. V povodí se nacházejí u středního toku Volyňky a Spůlky. Půdotvorným substrátem jsou říční náplavy (Babůrek, 2006).

Fluvizemě jsou vývojově velmi mladé půdy. Půdotvorný proces je nebo často býval periodicky přerušován akumulací činností vodního toku při záplavách, kdy se na tvořící se půdu uložil nový nános zeminného, dosti prohumózněného materiálu (Tomášek, 2003).



Obr. 44 Výskyt půdních typů

Data: DIBAVOD, <http://geoportal.cenia.cz>

3. 8. Regionálně fytogeografické členění

Z fytogeografického hlediska leží celá Šumava ve středoevropské provincii středoevropské květenné oblasti temperátního pásma Evropy. Podhůří a nižší polohy Šumavy náleží do fytogeografické oblasti mezofytikum, která je charakterizována jako oblast zonální vegetace středoevropského opadavého lesa, zaujímající suprakolinní až submontánní vegetační stupeň, s klimatem mírně oceanickým s přechodem do mírné kontinentality. Mezofytikum je v šumavských poměrech charakterizováno výskytem květnatých bučin a jedlin a kyselých podhorských bučin. V submontánním stupni mezofytika má horní hranici rozšíření např. dub zimní, lípa srdčitá, svízel lesní, jaterník podléška, třezalka horská, pcháč zelinný, válečka prapořitá aj.

Šumavské oreofytikum je charakterizováno smíšeným smrko-buko-jedlovým lesem, klimaxovými a podmáčenými smrčinami a jedlinami, oligotrofními jezery, ombrotrofními rašeliništi, horskými loukami a pastvinami. V montánním stupni oreofytika je horní hranice rozšíření např. borovice blatky, jedle, lípy velkolisté, jilmu drsného, rojovníku bahenního, lipnice oddálené, vachty trojlisté, zvonečníku černého, kyčelnice devítilisté, k. cibulkonosné, pšeníčka rozkladitého a mnohých dalších. Naopak zde začíná výskyt typicky horských druhů, např. oměje šalamounku, šťovíku horského, papratky alpské, biky lesní, plavuníku alpského, běloprstky bělavé, hořce šumavského, žebrovice různolisté, lipnice Chaixovy, kleče a dalších. V supramontánním stupni jsou významnými formacemi horské pastviny.

V hranicích NP Šumava a CHKO je zahrnuta většina území šumavského oreofytika (www.npsumava.cz, 12. 3. 2010).

3. 9. Flora

Šumava patří mezi nejrozsáhlejší souvisle zalesněnou oblast střední Evropy. Přestože většina lesního porostu je druhotná, zachovaly se zde velké plochy s přirozenou skladbou. Převládajícími lesními porosty byly květnaté bučiny s jedlím, smrkem a klenem. V podrostu převládá kyčelnice devítilistá a cibulkonosná. Hojně se vyskytují i acidofilní bučiny (buk se smrkem a jedlím) a horské smrčiny. V podrostu se vyskytuje podbělice alpská, sedmikvítek evropský, dřípatka horská, čípek objímavý, kaprad' horská. Na šumavských pláních jsou velké plochy využívány jako louky nebo pastviny. Jsou porostlé smilkou tuhou nebo třtinou chloupkatou. V povodí se vyskytují některé subatlantské prvky (www.nsumava.cz, 12. 3. 2010).

3. 13. Využití krajiny

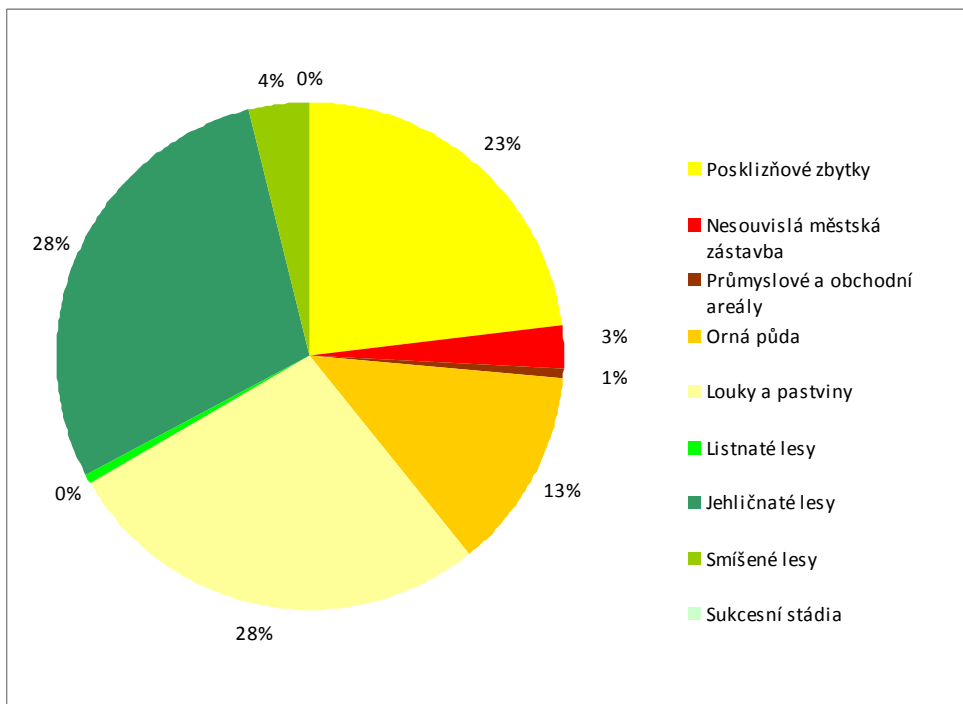
Přirozená vegetace se zachovala jen v nepatrném rozsahu, jinak byla nahrazena druhotnými společenstvy lesních kultur, polí, luk a pastvin. Většina bezlesých ploch vznikla na území v různých časových obdobích převážně koloniální činností člověka. Lidský zásah do krajiny nemá jen negativní důsledky. Došlo i k obohacení společenstev. Jde především o luční společenstva. Na plochém terénu Šumavských plání jsou rozšířené smilkové pastviny. Vznikly dlouhodobým působením tradičního pastevního hospodářství. Značná část pošumaví je dnes odlesněna a slouží k zemědělské výrobě.

Velký vliv na stav lesů mělo především sklářství. Jeho počátky pozorujeme na Vimpersku, kde byly zakládány sklářské hutě již ve 14. století. K největšímu sklářskému rozmachu došlo v 16. století, kdy se využívalo velké množství dřeva pro provoz sklářských pecí. Oblast měla ideální podmínky – dostatek dobrého křemene a dřeva (Landa, 2003). V jejich okolí vznikaly rozsáhlé holiny, které byly zčásti přeměněny na zemědělskou půdu. Na další významné ploše lesa se pásli dobytek. Zemědělská výroba se kvůli málo příznivým klimatickým a půdním podmínkám spíše soustřeďovala do podhůří Šumavy.

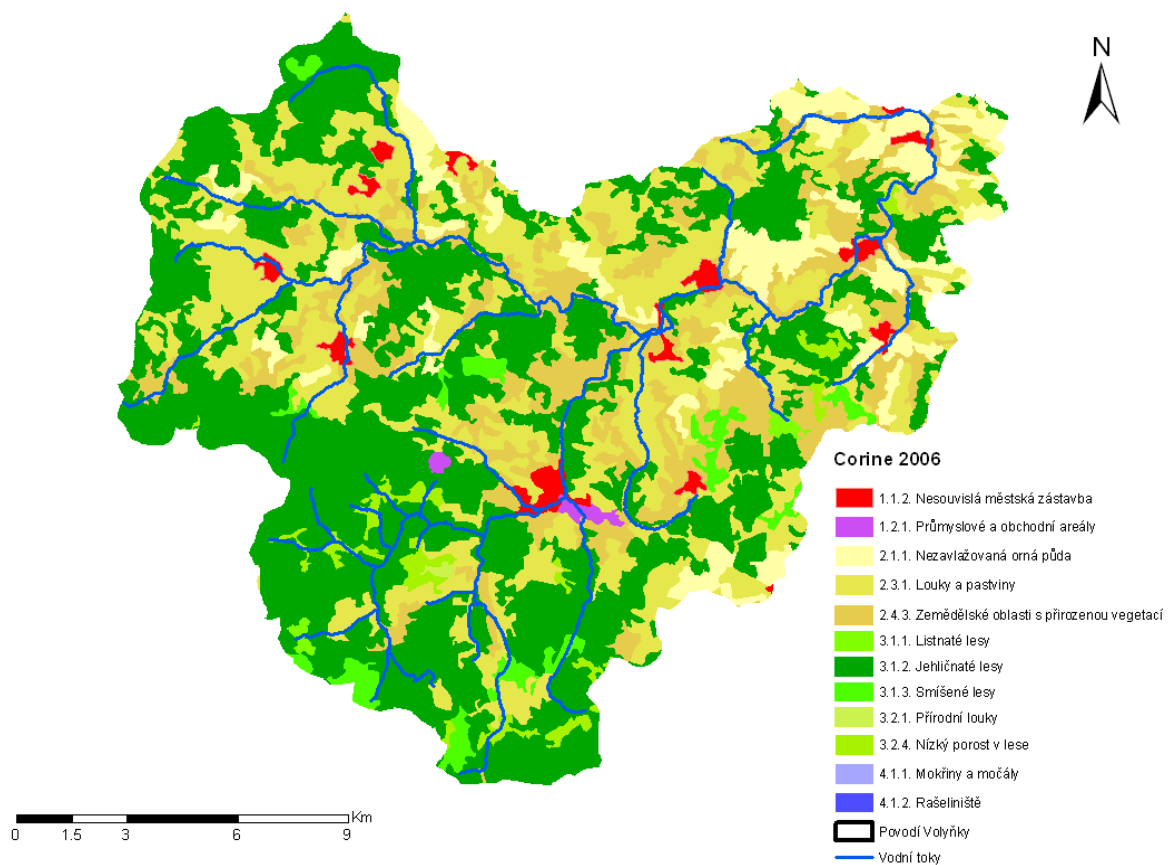
Další vlna odlesňování se uskutečnila okolo roku 1750. Docházelo k zemědělské, pastevecké a dřevařské kolonizaci. Dřevo se navíc splavovalo šumavskými potoky. Příkladem je pramenná část Volyňky se Světlohorskou nádrží, která sloužila pro tyto účely. V 19. století rozloha lesů opět vzrostla. Oblast byla zalesněna převážně smrky namísto původních buků.

Velmi nepříznivý vliv na krajinu mělo socialistické zemědělství. V této době docházelo k zemědělské velkovýrobě, zcelování pozemků, melioraci, rekultivaci, likvidaci liniové zeleně, polních cest, nadměrnému hnojení a užívání pesticidů. V těchto intenzivně využívaných lokalitách došlo k zásadní změně cenóz a ochuzení druhového spektra rostlin i živočichů.

V současnosti se rostlinná výroba v horské oblasti orientuje převážně na pastvu pro skot a objemové krmivo (píce). Živočišná výroba je zaměřena převážně na chov masných plemen skotu. Z lesů v pramenné oblasti převažují jehličnaté lesy. Pramenná oblast je z větší části zalesněná, ve střední části povodí se vyskytují velké plochy luk a pastvin. To může mít vliv při vzniku povodní a může její následky zmírnit. V povodí je procentuální zastoupení jednotlivých ploch znázorněno na Obr. 45.



Obr. 45 Procentuální zastoupení jednotlivých ploch
Data: CORINE 2006



Obr. 46 Land cover
Data: DIBAVOD, <http://geoportal.cenia.cz>

3. 14. Ochrana přírody

Část povodí Volyňky náleží do chráněné krajinné oblasti Šumava. Spadá sem celá pramenná část až před Vimperk. CHKO Šumava byla zřízena výnosem Ministerstva školství a kultury č.53855/63 dne 27. 12. 1963 v rozloze 168 654 ha. Předmětem a cílem CHKO je ochrana všech hodnot krajiny, jejího vzhledu a jejích typických znaků a přírodních zdrojů a vytváření vyváženého životního prostředí. Mezi typické znaky krajiny náleží zejména její povrchové utváření, včetně vodních ploch a toků, její vegetační kryt a volně žijící živočišstvo, rozvržení a využití lesního a zemědělského půdního fondu a ve vztahu k ní také rozmístění a urbanistická skladba sídlišť, architektonické skladby a místní zástavba lidového rázu.

V březnu 1991 nařízením vlády byl vyhlášen národní park Šumava, tím se CHKO stala ochranou zónou Národnímu parku.

Kromě CHKO se v povodí vyskytují maloplošná chráněná území. Jedná se o přírodní rezervace a přírodní památky.

Tab. 5. Přírodní rezervace a přírodní památky

Název	Kategorie	Výměra (ha)	Charakteristika
Háje	PP	1,66	Tři ostrůvky krystalických vápenců s bohatou květenou
Lipka	PP	0,96	Bývalá lokalita vzácného všivce žezlovitého
Mářský vrch	PP	0,75	Vrch s rotudnou, na sev. svazích rozlehlé kamenné moře
Nad			
Zavírkou	PR	2,66	Svahové louky s bohatou květenou
Opolenec	PR	19,26	Teplomilná květena na krystalických vápencích
Podhájí	PP	1,70	Mokřadní louka s bohatou květenou
Skalka	PP	0,57	Skalnatý výchoz žilné žuly s tzv. "turmalínovými slunci"
U Narovců	PP	2,67	Skalnaté svahy (krystalický vápenec) s bohatou květenou a zvířenou

Data: Kos, Maršáková, 1997

5. Povodně v povodí Volyňky

Vznik a průběh povodně, ať je menšího rozsahu, či extrémní, je ovlivňován především meteorologickými faktory. Jsou to faktory předběžné a příčinné. Předběžné působí několik dnů až měsíců před vznikem povodně. Mezi ně patří nasycenost povodí, výška sněhové pokrývky a její vodní hodnota, promrznutí půdy aj. Z hydrologických předběžných faktorů hraje důležitou roli míra naplnění koryt vodních toků před začátkem povodně. Příčinné meteorologické faktory působí jen několik hodin až dní před vznikem povodně jako její spouštěcí mechanismus. Jsou to např. trvalé nebo přívalové dešťové srážky, kladné teploty vzduchu, rychlost větru ovlivňující rychlost tání sněhové pokrývky. Mezi další faktory, které ovlivňují průběh povodně, patří fyzickogeografické a antropogenní faktory v povodí (Brázdil a kol., 2005).

5. 1. Historické povodně v povodí Volyňky

V povodí Volyňky byly zaznamenány za poslední desetiletí dvě extrémní povodně, a to v srpnu 2002 a v červnu 2009. Pokud se podíváme do historie, v povodí se vyskytovaly další extrémní povodně převážně v letním období. V zimní části roku se vyskytla známější povodeň z roku 1993.

V roce 1888 dnech 3. září byl zjištěn v Němčicích vodní stav 334 cm, což vedlo k extrémní povodni v celém povodí Otavy.

Z hlediska povodní je mimořádný rok 1890. V povodí Volyňky se během jednoho roku vyskytlo hned několik povodní, které napáchaly rozsáhlé škody. V červenci spadlo 228 mm srážek a v srpnu během jednoho dne vypadlo 83 mm srážek, které způsobily velké škody. V tab. 1 jsou uvedeny jednotlivé události z roku 1890. Brázdil a kol. (2005) uvádí, že tento rok bylo mimořádně vlhké léto, jednalo se o páté nejdeštivější léto a pátý nejdeštivější srpen v období 1876–2003. Bezprostřední příčinou povodně ze září roku 1980 byly vydatné dlouhotrvající srážky.

Tab. 6 Jednotlivé události v roce 1890 na Vimpersku

Měsíc	Počasí	škody
V.	5 bouří	21.5. velké škody v krajině
VI.	15 dnů deště; 85,2 mm srážek; 2 bouře	
VII.	8 bouří; 228,1 mm srážek	velké škody v krajině
VIII.	denní srážka 83,1 mm	velké škody v krajině, pád tisíců pevných metrů, škody na polovině mlýnů
IX.		opět škody
XI.	sníh, bouře; tání sněhu; 29,4 mm srážek	

Zdroj: Šonka, 2004

V letech 1925, 1927 a 1930 dosahovaly povodně na Vimpersku katastrofálních rozměrů.

V květnu 1932, spadlo během jednoho dne ve Vimperku 100 mm srážek.

Ve dnech 7. –8. července 1954 byl vodní stav v Němčicích 297 cm, srážek spadlo 140 mm.

Štekl (2001) v publikaci zaznamenává extrémní denní srážkové úhrny v období 1879–2000, pro denní srážkové úhrny dosahujících hodnot 150 mm a více. Ve sledovaném období se vyskytly v povodí Volyňky extrémní denní srážky 27. června 1955. Na pozorovaných stanicích byly srážky následující: Churáňov 166,9 mm, Stachy, Zadov 155,7 mm, Vimperk 145,8 mm, Srážky byly trvalé, synoptická situace nastala patrně během 26. června, kdy přešla přes naše území studená fronta, za níž se od západu rozšiřovala oblast vysokého tlaku vzduchu. Na přední straně tlakové výše pronikal na území studený vzduch ze Skandinávie. Na Volyňce, ve Lčovicích prošla 27. června 1955 dvacetiletá povodeň.

31. července 1977 spadlo ve Volyni 199 mm srážek, na Churáňově 135,3 mm a ve Vimperku 110,2 mm srážek. V Němčicích byl vodní stav 266 cm.

Vlasák (2003) uvádí další extrémní povodeň v povodí Otavy, která postihla i povodí Volyňky. Na vodoměrných stanicích v Sudslavicích byl naměřen 21. prosince 1993 vodní stav 103 cm a na toku Spůlka v Bohumilicích byl 160 cm. V povodí spadlo od 19. do 20. prosince přibližně 80 mm srážek.

1. června 1995 byla na přítocích Volyňky povodeň. Zasažla především obce Bohumilice, kde zanechala škody na domech, silniční i železniční komunikaci. Také v Malenicích způsobila značné škody.

Jedny z nejničivějších povodní za poslední desetiletí byly povodně v roce 2002 a 2009. Jejich průběh a následky jsou popsány podrobněji.

5. 2. Povodeň v srpnu 2002

5. 2. 1. Synoptická situace

Do České republiky postupovala tlaková níže po dráze V. (podle van Bebbera). Po dráze Vb se dostává vzduch ze Středozeší do střední Evropy. Typické pro postupující cyklonu jsou výstupné pohyby vlhkého a teplého vzduchu se severovýchodní až severní složkou proudění ve vyšších vrstvách a proudění chladnějšího vzduchu od týlu oblasti s cyklonou v opačném směru. Tato srážkotvorná cyklona byla zdrojem plošně rozsáhlých a dlouhotrvajících srážek ve střední Evropě. Pro vznik extrémních povodní v České republice byl rozhodující sled dvou srážkových vln v časově krátkém odstupu za sebou. Nad severní Evropou byla tlaková výše a ze Středomoří postupovala do střední Evropy tlaková níže. Postup dvou výrazných cyklon a s nimi spojených frontálních systémů v období 5. –8. srpna a 9. – 13. srpna 2002, byl

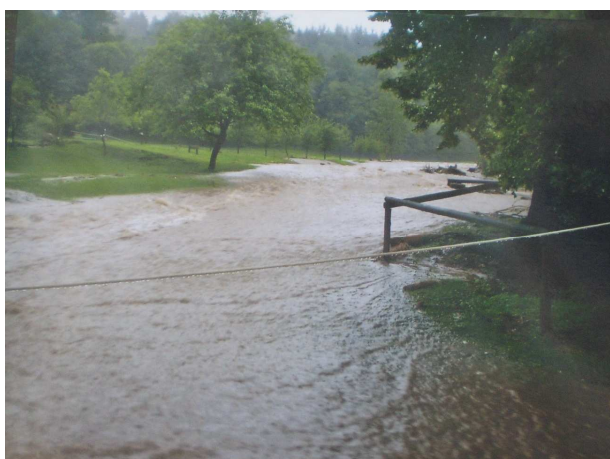
doprovázen silnými srážkami. Tyto srážky způsobily na mnoha místech ničivé povodně. Obě cyklony postupovaly pozvolna, čímž se období trvalých srážek prodloužilo. Obě tyto tlakové níže zasáhly území svým nejdešivějším sektorem (ČHMÚ, 2002).

5. 2. 2. Hydrologická situace

První vlna srážek spadla v povodí 6.–7. srpna. Následovala povodňová vlna, která zasáhla povodí Volyňky s kulminací přibližně Q_{20} . Druhá povodňová vlna se začala vytvářet bezprostředně po nástupu další srážkové epizody 11. srpna v odpoledních hodinách. Rychlý nástup povodňové vlny byl zapříčiněn velmi vysokým nasycením v povodí po předcházející povodni. Dne 11. srpna se největší srážky koncentrovaly právě v povodí Volyňky (100–130 mm), ale největší srážkové úhrny se vyskytly zejména v povodí Spůlky. Srážky trvaly na celém povodí souvisle až do odpoledne 13. srpna. Již 12. srpna kulminovala Volyňka. Během druhé povodňové vlny dosahovala kulminace přibližně Q_{100} (Povodí Vltavy, 2003).

5. 2. 3. Průběh a následky povodně 2002 v povodí Volyňky

V srpnu 2002 prošla povodím Volyňky zatím největší a nejničivější známá povodeň. Velmi významně zasáhla jak pramennou část povodí, tak i její střední a dolní část. Velký vliv na vytvoření tak katastrofální povodně měly některé přítoky v povodí. Ve Vimperku došlo k naplnění maximální kapacity Křesanovského potoka v regulované části toku i v uzavřené části toku nacházející se pod historickým centrem města. Na Volyňce došlo k vyběžení toku v části městského parku. Důsledkem toho došlo k zaplavení obytných domů a benzinové pumpy. Byly zaplaveny tři panelové domy, kulturní centrum, několik provozoven a benzinová pumpa. V Sudslavicích byl zatopen mlýn.



Obr. 47 Povodeň 2002 u Sudslavické lípy.

Foto: J. Vanický, 2002

V Bohumilicích byly zaplaveny dva obytné domy, areál firmy AGROMONT a BACHL. Na levé straně toku bylo poničeno fotbalové hřiště a část komunikace. Jedenáct domů mělo zaplaveno sklepy a studny. Bohumilice byly velmi ovlivněny přítokem vody ze Spůlky. V jejím povodí spadlo nejvíce srážek.

Ve Čkyni bylo zaplaveno přibližně 70 domů z Dolanského potoka, Nahořanského potoka a Volyňky. Velmi problematický úsek byl od soutoku Dolanského potoka a Volyňky. Byl ohrožen levý břeh Volyňky. Most na Volyňce firmy AGROMONT a BACHL způsobil, že se voda z Volyňky dostala mimo koryto, spojila se s Dolanským potokem a zaplavila mnoho obytných domů a základní školu. Na pravém břehu Volyňky od lávky pro pěší byly zaplaveny obytné domy, objekt ČOV a areál s budovami firmy Loffler. Obec Malenice byla ohrožena Volyňkou a jejími přítoky (Radhostinský potok, Zlešický potok a další bezejmenné přítoky). Bylo ohroženo 95 domů a přibližně 300 lidí, byla zničena místní komunikace.

V Nišovicích bylo zaplaveno 15 rodinných domů, autoservis a zemědělský areál Šumava.

Ve městě Volyně byla ohrožena Volyňkou a Starovským potokem jeho část podél řeky. Ohrožena byla zvláště levá strana břehu s obytnými domy. Levostranný přítok Volyňky (Starovský potok) zaplavil 12 obytných domů.

Tab. 7 Seznam udělených grantů EU

	Opravy	Výše grantu (EUR)
Obec Malenice	Odstranění škod na místní komunikaci v obci Malenice	248 086
Město Vimperk	Oprava komunikací vč. nábrežních zdí, mostů a infrastruktury – Vimperk	101 454
Obec Bohumilice	Odstraňování povodňových škod v obci Bohumilice	107 539
Obec Čkyně	Odstraňování povodňových škod v obci Čkyně	113 769

Data: Centrum pro regionální rozvoj ČR

Kromě zaplavených domů byly zaznamenány škody po celé délce Volyňky. Podél toku došlo k poničení břehového porostu, vývrátům stromů, poškodila se regulace i přírodní koryto, došlo k rozsáhlým nátržím břehů, akumulacím v korytě, přibřežní zóně a nivě, stržení některých mostů, zničení komunikací. Z mapovaných přítoků byly povodní ovlivněny především Spůlka a Pravětínský potok.

Na toku Spůlka se vytvořila rozsáhlá povodeň, která poničila komunikaci v oblasti Mlýnů a strhla most. Byly zaplaveny domy Na drahách a průmysl Dřevostroj, kde voda dosahovala 1 m.

Povodí Vltavy PS8 (povodí Otavy, Blanice a Volyňky) vynaložilo 17 milionů Kč na opravu povodňových škod. Povodí Vltavy opravilo regulace, břehy, výmoly, akumulace, břehové porosty.

Tab. 8 Opravy regulací provedené povodím Vltavy

Obce	oprava regulace (Kč)
Vimperk	8 100 000
Sudslavice	1 350 000
Bohumilice	494 000
Čkyně	2 600 000
Volyně	3 120 000

Data: Povodí Vltavy

Tab. 9 Opravy povodňových škod provedené povodím Vltavy

	náklady na opravu (Kč)
Oprava regulace Volyňky	3 500 000
Odstranění povodňových škod na Spůlce	388 000
Odstranění škod břehových porostů na Volyňce a Blanici	1 995 000

Data: Povodí Vltavy

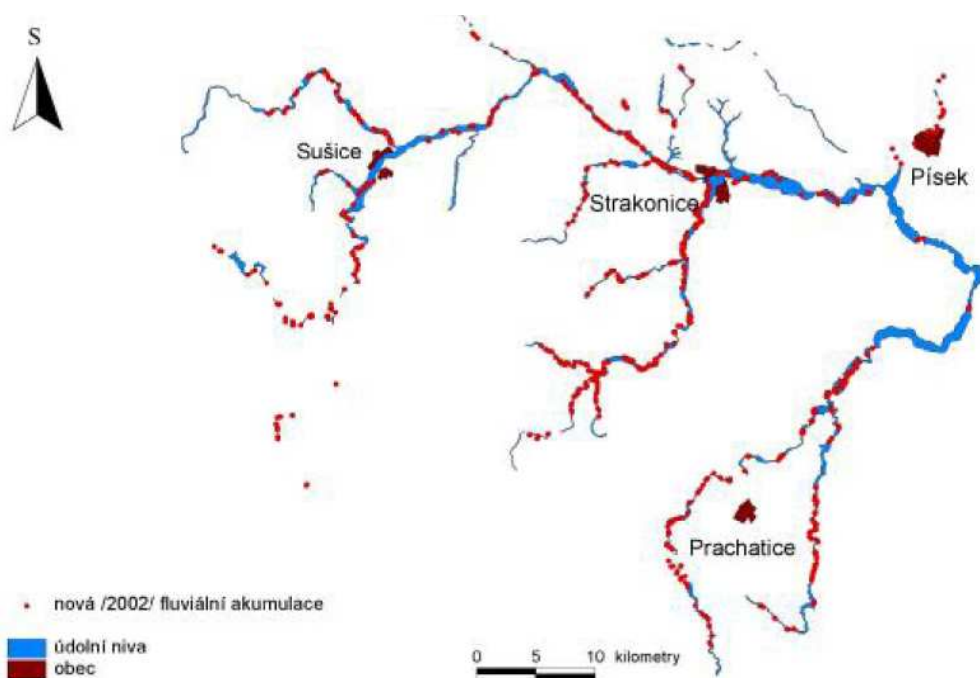
Křížek (2003) ve studii „Geomorfologické projevy povodně 2002 v povodí Otavy“ prováděl terénní mapování geomorfologických projevů povodně v inundačních oblastech povodí Volyňky. Při mapování kladl důraz na tvary, které vznikly fluviální činností a které mají vliv na odtokový režim nebo jsou v přímé vazbě s údolní nivou a procesy v ní probíhající.

Na Spůlce v okolí lokality u Vitovců byly nalezeny sesuvné gravitační útvary plošně nevelkého rozsahu. V pramenné oblasti Volyňky se našla plošně rozsáhlá sesuvná území. Toto území je ovlivněno dlouhodobým podmáčením.

Šířka údolní nivy je v povodí Volyňky velmi variabilní. To je dáno především geologickým podkladem, ale také antropogenními zásahy. Na některých úsecích je vlivem činnosti člověka niva částečně nebo zcela přerušena. Niva se zužuje výstavbou komunikací a doprovodných dopravních staveb, jako jsou násypy nebo mosty. Průchod inundačním územím mohou ovlivnit stavby vedené napříč nivou i stavby vedené paralelně s korytem. Násypy silnic ovlivnily průchodnost vody ve Čkyni a v Bohumilicích. Navíc v Bohumilicích je nevhodně dimenzovaný most, který spoluzapříčinil přeložení koryta Volyňky.

Akumulační tvary jsou v povodí Volyňky dvojího druhu. Starší (holocenní) fluviální akumulace a fluviální akumulace, které vznikly během povodně 2002. Vzhledem k antropogennímu odstranění akumulací bezprostředně po povodni nebylo možné zmapovat všechny akumulace, a to především korytové. Byla zjištěna pouze jejich rezidua. Oba typy akumulací byly rozděleny na hlinitopísčité, štěrkovokamenité a kombinované.

Křížek (2003) uvádí, že plošné rozšíření jednotlivých akumulací je dáno změnami unášecí schopností proudící vody. K akumulaci štěrkovokamenitého materiálu došlo v blízkosti hlavních povodňových proudnic, písčité akumulace převládaly v místech rozlivu, kde byla unášecí schopnost vody menší. Toto platí i v podélném směru vodního toku. Hrubá frakce povodňových sedimentů se nachází bezprostředně za místem, kde vodní tok opustil své koryto. Podíl jemnější frakce se zvyšuje s rostoucí vzdáleností od koryta.



Obr. 48 Nové (2002) fluviální akumulace v povodí Opavy

Zdroje: Křížek, 2003

Mezi další tvary vzniklé po povodni 2002 patří erozní tvary. Jsou to přeložená a opuštěná koryta, břehové nátrže, výrazné poškození břehů a protržení valů. Přeložená a opuštěná koryta vznikla v místech, kde měl tok svou největší erozní sílu. Často bývá způsobena antropogenním zásahem. Může například dojít k zanesení koryta nebo oslabení břehů. Tyto případy se vyskytly na horním a středním toku Volyňky. Vznikly buď destrukcí břehů v zákrutu či meandru nebo akumulací v korytě s následným rozvětvením toku. To se stalo v Bohumilicích za mostem, kdy došlo k přeložení koryta v přímém směru a mezi Bohumilicemi a Čkyní, za nevhodně dimenzovaným mostem, který urychlil proudění vody. V zákrutu došlo k přeložení koryta. Opuštěné koryto Volyňky nad Malenicemi vzniklo v důsledku protržení pravého břehu. Toto území bylo oslabeno dřívější těžbou říčních štěrků.

Břehové nátrže vznikly na všech úsecích v povodí Volyňky. Ve větším počtu se opět vyskytují v oblastech antropogenních úprav či staveb (jezy). K protržení valu došlo v povodí Volyňky pouze jednou, a to nad Volyní.

Další skupinou, kterou se Křížek ve své práci zabývá, je skupina antropogenních tvarů – jezy, protipovodňové valy, haldy, mosty. V povodí se vyskytují jezy především od Vimperka po Čkyni. Z terénního výzkumu vyplývá, že v okolí jezů se vyskytují největší erozní a na ně navazující akumulární projevy fluviální činnosti. Lze konstatovat, že čím je jez vyšší, tím došlo k ničivějším událostem. Příkladem může být jez ve Vimperku a v Nišovicích.

Protipovodňový val, který byl v minulosti vybudován ve Čkyni, byl přelit, a tedy neposloužil dostatečně svému účelu.

Především na Volyňce a Spůlce došlo k poškození nebo zničení mostů. To souvisí s rozložením srážek a charakterem údolí. Velký vliv má také špatné dimenzování nebo umístění mostů.

5. 3. Povodeň v červnu 2009

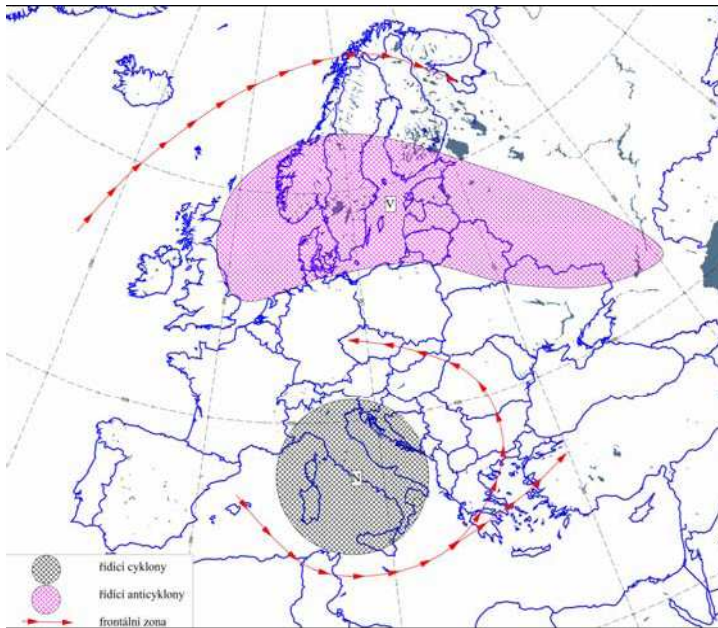
5. 3. 1. Synoptická situace

Situace, při které se na území České republiky dostává vlhký teplý vzduch od východu, bývá často spojena s výskytem bouřek. V některých případech jsou tyto bouřky velmi intenzivní. Tato situace se nazývá východní cyklonální situace (Ec). Kolem středu tlakové níže nad Středozemním mořem se dostává do střední Evropy vzduch nasycený vodní parou z Jaderského, Jónského, Egejského nebo z Černého moře. Střed tlakové níže bývá obvykle situován v oblasti Janovského zálivu přes severní a střední Itálii až po Balkánský poloostrov. Jak postupuje nad přehřátou pevninou východní Evropy, vzduch se stává ještě labilnější a díky závislosti na podmínkách, které panují ve střední Evropě, způsobuje vznik intenzivních bouřek. Bouřky jsou často doprovázeny i velmi nebezpečnými jevy včetně přívalových srážek.

Právě východní situace (Ec– východní cyklonální) se vyskytovala během celého období trvání povodní na přelomu června a července 2009. Na obrázku č. 1 je znázorněno typické rozložení tlakových útvarů a frontálních zón. Za posledních 63 let, tedy od počátku typizování povětrnostní situace, se jedná během letního období o nejdelší souvislé období východní cyklonální situace v České republice. Situace trvala 12 dní od 22. června do 3. července 2009.

Za běžných podmínek tlaková níže v tomto ročním období putuje z Balkánu k severu až k severovýchodu a východní situace Ec pak přechází na našem území během několika dní do chladné severovýchodní cyklonální situace (NEc). Tomuto průběhu zabránila blokující tlaková výše nad severní polovinou evropského kontinentu.

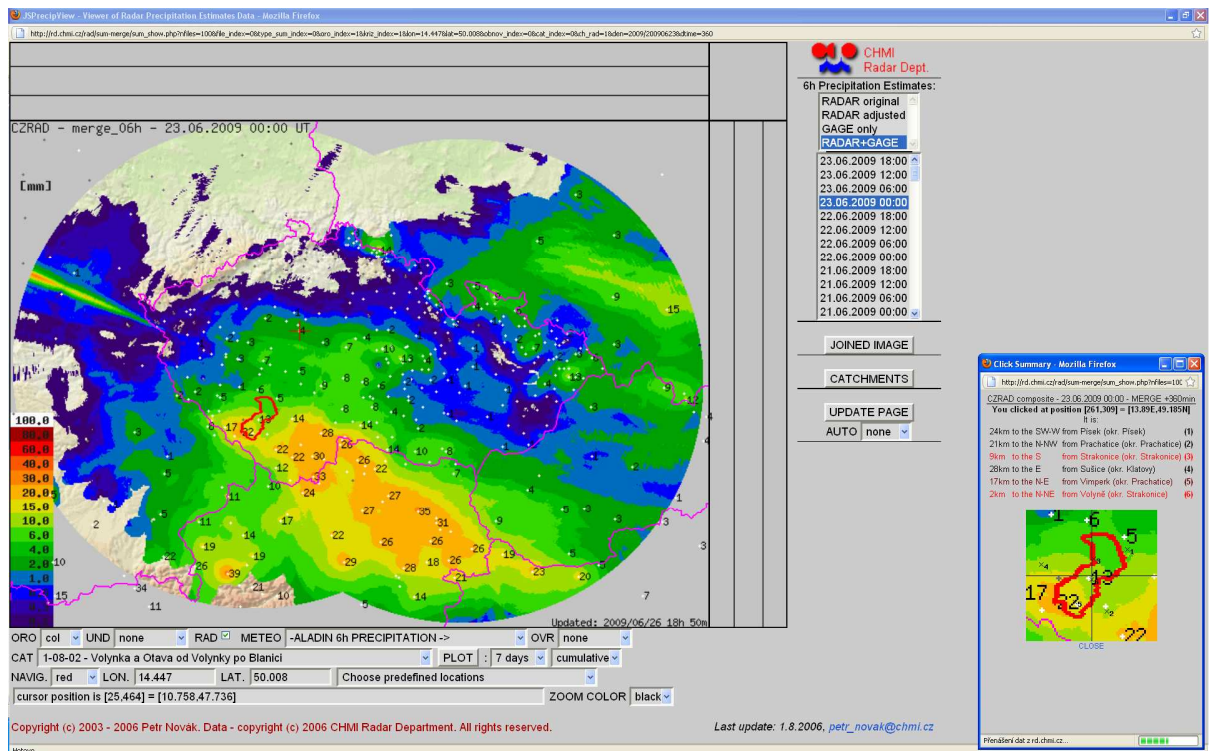
S tím souvisí i dlouhá přítomnost velmi vlhké a teplé vzduchové hmoty, která na naše území pronikla od východu z oblasti Černého moře.



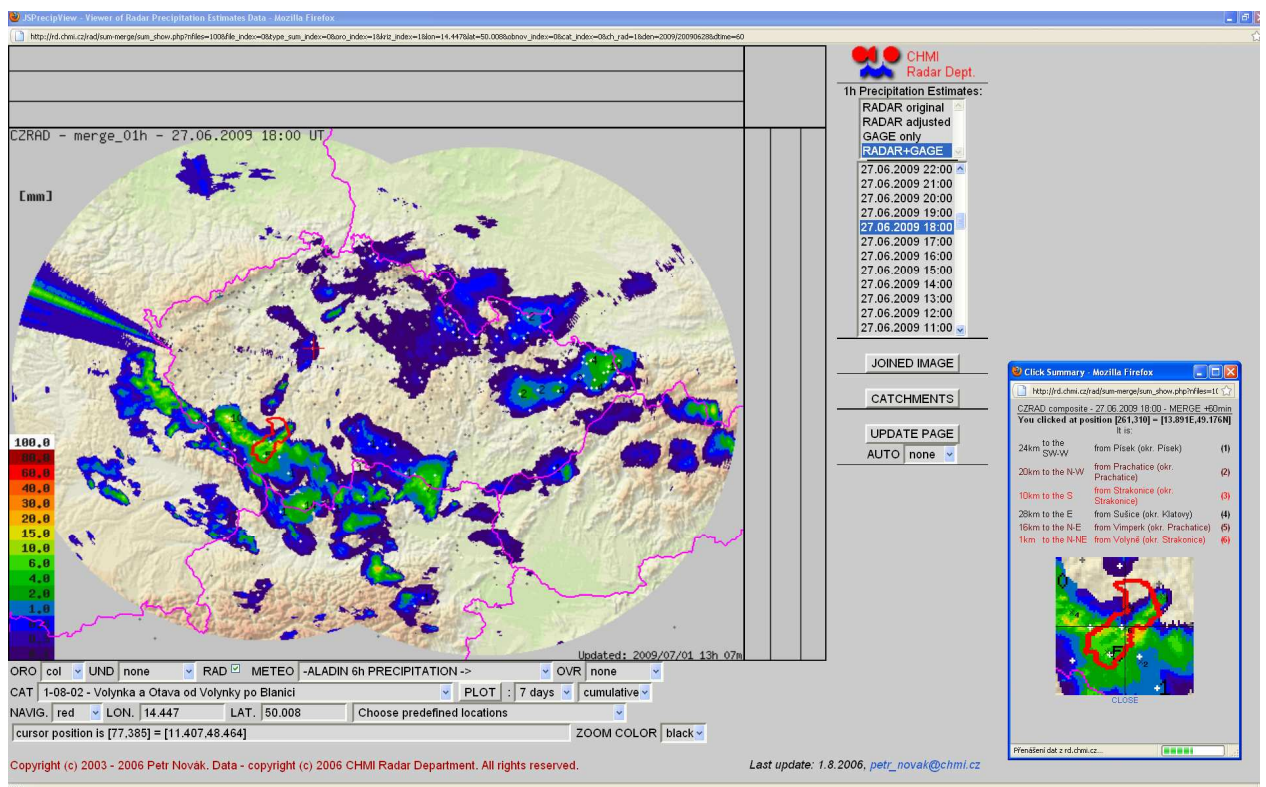
Obr. 49 Schematické zobrazení východní cyklonální situace (Ec)

Zdroje: www.voda.chmi.cz

Relativní vlhkost vzduchu dosahovala v nočních hodinách na našem území 90 až 95 %, během dne se pohybovala kolem 70 %. V létě se za vysokých teplot vlhkost vzduchu pohybuje kolem 40 až 50 %. Vysoká relativní vlhkost vzduchu a teplota rosného bodu kolem 16° C bránily i výraznějšímu poklesu noční teploty. Toto období bylo mimořádné, střetla se tu celá řada faktorů. Rozložení a téměř stacionarita tlakových útvarů (tlaková níže nad Balkánem a blokuující tlaková výše nad severní polovinou evropského kontinentu), dostatečná teplota a vlhkost vzduchové hmoty a také příhodné roční období.



Obr. 50 Radarový snímek z 23. 6. 2009, 6ti hodinové srážky
 Zdroje: ČHMÚ



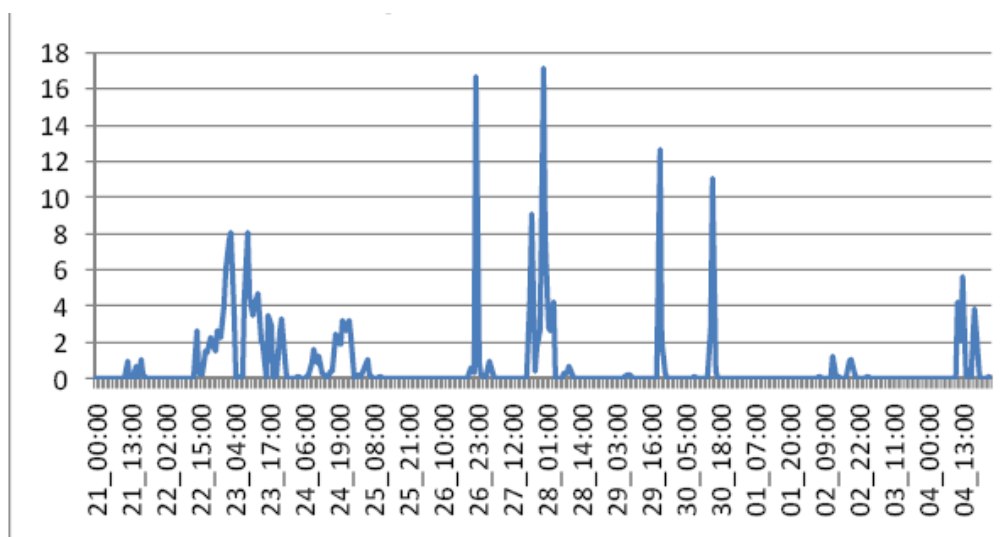
Obr. 51 Radarový snímek z 23. 6. 2009, 6ti hodinové srážky
 Zdroje: ČHMÚ

5. 3. 2. Hydrologická situace

V povodí Volyňky vznikla povodňová situace v důsledku opakujících se srážek bouřkového charakteru. Orograficky zesílené srážky se ve dnech 22. – 24. června vyskytly v podhůří Šumavy. Na Churáňově v úterý 23.6 spadlo 30 mm srážek. Další den byly na Šumavě zaznamenány srážky také okolo 30 mm. Následující dny se zejména v odpoledních a večerních hodinách vyskytovaly přeháňky, které byly při lokálních bouřkách intenzivní. Srážky v noci z 22. na 23. 6. a další den způsobily na Volyňce dosažení 1. stupně povodňové aktivity.

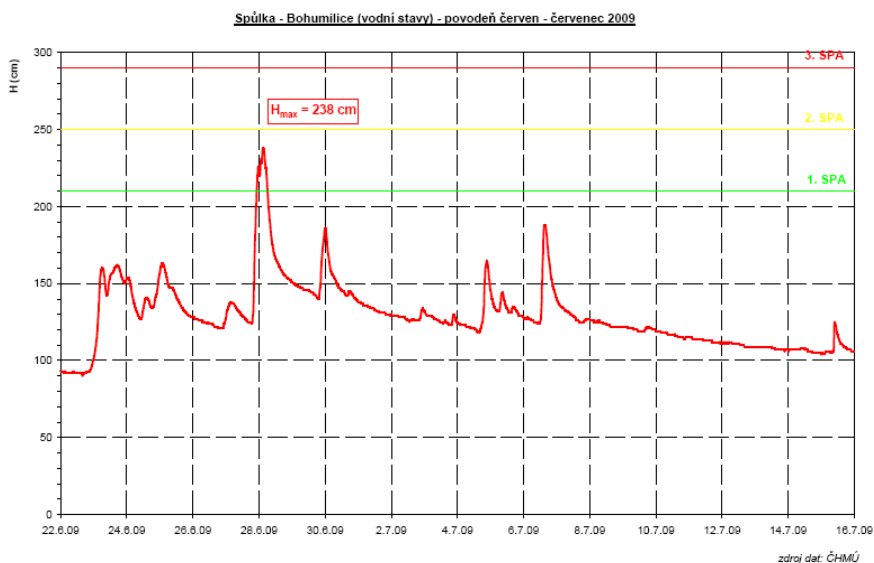
Velmi výrazné zhoršení situace nastalo v noci ze soboty 27. na 28. června, kdy na povodí, nasycené srážkami z předchozích dní (povodí bylo až 4násobně nasycené), vypadlo 50 až 70 mm srážek za 24 hodin. Srážky zasáhly zejména horní část Volyňky a její přítoky. Tyto srážky způsobily prudký vzestup na celém toku Volyňky.

Na horním toku Volyňky a jejích přítocích vlivem vysoké nasycenosti území a nepříznivých odtokových poměrů (velká sklonitost svahu) v kombinaci se silnými srážkami vyvolaly srážky extrémní odtokovou odezvu. V noci z 27. června na 28. června byl nárůst průtoků výjimečně rychlý a kulminace na Volyňce v Sudslavicích dokonce přesáhla hodnotu 100letého průtoků. Kulminační průtok na Spůlce, která se vlévá do Volyňky mezi Sudslavicemi a Bohumilicemi, přesáhl pouze 5-letou vodu, čímž se extremita na dolní Volyňce snížila na 20-50letou vodu. V dalším týdnu byla oblast zasažena bouřkami, čímž se zpomalil pokles hladiny. Jednoznačně poklesové tendence byly zaznamenány až v dalším týdnu. V důsledku srážek do nasyceného povodí 6. června bylo v povodí dosaženo 1. SPA.

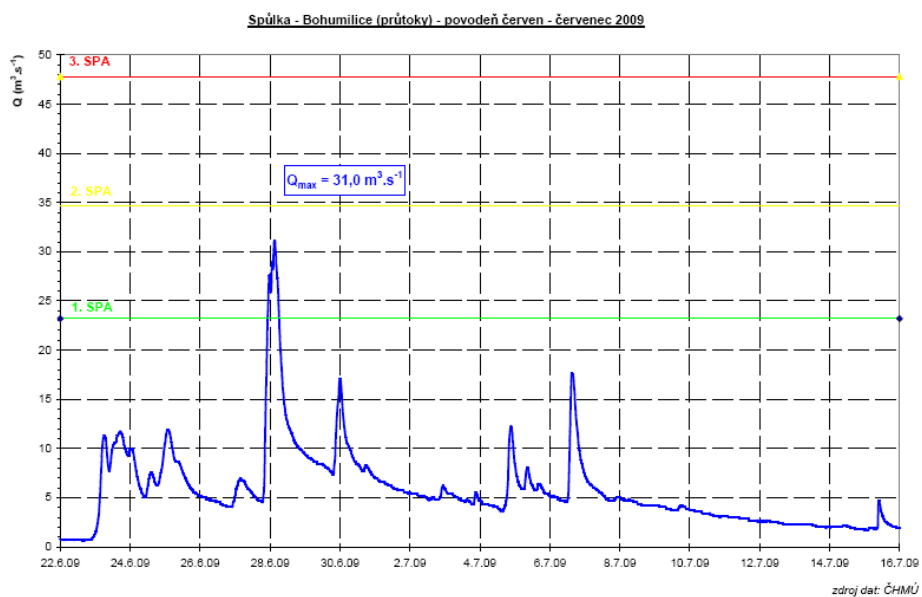


Obr. 52 Vimperk, průběh hodinových úhrnů srážek (mm)

Zdroje: ČHMÚ



Obr. 53 Vodní stav v Bohumilicích, červenec 2009
Zdroje: ČHMÚ



Obr. 54 Průtoky v Bohumilicích, červenec 2009
Zdroje: ČHMÚ

Tab. 10 Vodoměrné stanice v povodí Volyňky

profil	tok	datum	Hodina SEČ	vodní stav (cm)	průtok (m ³ /s)	SPA	N-letost
Sudslavice	Volyňka	28.6.2009	3:00	197	88	3	<Q100
Bohumilice	Spůlka	28.6.2009	2:00	238	31	1	Q 5
Němětice	Volyňka	28.6.2009	6:20	313	183	3	Q 20-Q50

Data: ČHMÚ, 2009

5. 3. 3. Průběh a následky povodně 2009

Po roce 2002 se v povodí Volyňky objevila další velmi ničivá povodeň. Opět byla povodní zasažena Volyňka a její přítoky. Srážky většího rozsahu se tentokrát objevily více v pramenné oblasti Volyňky a velmi výrazně zasáhly Arnoštský potok, Pravětínský potok, Medvědí potok a bezejmenné přítoky Volyňky nacházející se v její pramenné oblasti.

21. června byla nasycenost povodí Volyňky na úrovni normálu až slabě pod normálem. Dne 27. června byla úroveň nasycenosti (vyjádřena jako poměr API_{30}) čtyřnásobná. Značné nasycení území s vysokou mírou pravděpodobnosti negativně ovlivnilo odtokovou situaci během přívalových povodní v povodí Volyňky (ČHMÚ, 2009).

Každodenní poměrně vydatné srážky způsobily významné nasycení povodí, což vyústilo v prudký nárůst odtoku za přívalových srážek ze 27. na 28. června.

28. června ve 3 hodiny ráno byl výrazně překročen III. SPA na profilu Sudslavice na řece Volyňce. Ve Vimperku voda přesáhla přes protipovodňovou hráz v oblasti parku ve 3:50 hodin. Bylo zatopeno několik sklepů a kulturní dům. Voda se dostala až k benzinové pumpě. Pod Vimperkem se nachází čistírna odpadních vod, která byla ohrožena, byla zde podemleta komunikace. V úseku pod Vimperkem došlo k rozsáhlému odplavení dlažby. Zaplavena byla chatová osada pod Vimperkem, kde došlo k rozvětvení toku, rozsáhlým nátržím a stržení mostu. Silnice mezi Vimperkem a Sudslavicemi byla od 3:05 hodin neprůjezdná. Část silnice mezi Vimperkem a Čkyní u Vyškovic byla podemleta. Došlo k odplavení opěrné zdi a následnému odplavení celé konstrukce vozovky v jednom jízdním pruhu v délce cca 120 m. Vlivem velmi rychlého proudění docházelo k tvorbě břehových nátrží a k pádům stromů s následným ucpáváním profilů toků. Byl podemlet nevhodně situovaný dům v blízkosti koryta u Sudslavic (Obr. 55). Na mostě u mlýna v Sudslavicích došlo k velké akumulaci připraveného materiálu, který tak vytvořil bariéru. Most naštěstí nebyl stržen. Pod Sudslavicemi se nachází bezpečný prostor pro rozliv. Byl zaplaven dům na pravém břehu v Bohumilicích, voda zde opět poničila koryto. Dále došlo k narušení opěrné zdi v délce 100 m a vyplavení krajnice. V areálu firmy AGROMONT a BACHL byla poničena protipovodňová stěna. Most areálu firmy AGROMONT a BACHL opět ovlivnil průběh povodně v tomto úseku. Voda se dostala mimo koryto a vytvořila si nové. Do Čkyně přitekla voda z levého směru od koryta. Zaplavila několik sklepů.



Obr. 55 Nevhodně situovaný dům u Sudslavic.

Foto: Kotál 2009

Ve Čkyni byla v 50. letech vybudována regulace toku, navržená na 100letou vodu. Voda se přes tuto regulaci dostala jen minimálně. Po povodni 2002 byla u základní školy vybudována protipovodňová hráz. Díky této stavbě nebyla škola zaplavena. Ve Čkyni, na posledním úseku za mostem, byly zaplaveny domy, voda tekla v přímém směru a opět zaplavila hřiště, areál a budovy firmy Loffler. V dalším úseku se v nivě vyskytuje zemědělská plocha s kukuřicí. Během mapování bylo zjevné, že si voda vytvořila v nivě dočasné koryto. Ve Lčovicích byl zaplaven sportovní areál, sklepy a došlo k poničení koryta. Mezi Lčovicemi a Malenicemi byla poničena komunikace. Zde se valila voda z přívalových srážek ze svahů a přinesla s sebou velké množství bahna. V Malenicích také došlo k rozsáhlým sesuvům půdy. Bylo zatopeno 70 domů, poničena ČOV. Mezi Malenicemi a Volyní se poškodil železniční násep. V obci Nišovice byla zaplavena ČOV a zemědělský areál Šumava. Jez nad obcí způsobil urychlení proudění vody pod ním, čímž došlo k podemletí břehu. Bylo zaplaveno asi 24 domů.

Přítoky v pramenné oblasti Volyňky, kde byl největší úhrn srážek, výrazně ovlivnily rozsah povodně 2009. Většina těchto přítoků se nachází z velké části v CHKO, a proto nejsou antropogenně upravovány. Během mapování bylo na těchto tocích zaznamenáno velké množství nátrží většího i menšího rozsahu, akumulací v korytě a příbřežní zóně. Toky se nacházejí v zalesněném území. Z tohoto důvodu bylo v korytech nahromaděno velké množství větví a vyvrácených stromů. Na Pravětínském potoce byl zanesen most, došlo k jeho destrukci a voda si tu vytvořila nové koryto. V dolní části potoka byly viditelné rozsáhlé nátrže a nově vytvořené koryto.

Arnoštský potok poničil komunikaci v obci Klášterec. V úseku mezi přítokem Volyňky a Kláštercem jsou viditelné rozsáhlé akumulace v korytě a asi 200metrová nátrž.

V korytě Medvědího potoka se nahromadilo velké množství dřeva. Byl zanesen a poničen jeden propustek. Na samotném toku Volyňky v horním úseku byly

zaznamenány rozsáhlé akumulace v korytě a příbřežní zóně, břehové nátrže, přemístění objemného materiálu a velké náplavy dřevní hmoty v korytě. Na některých místech došlo k přeložení koryta.

V povodí Spůlky spadlo menší množství srážek, a proto voda dosahovala jen 5leté povodně. Během mapování nebyly viditelné žádné škody.

Během terénního mapování na Volyňce byly největší škody patrné v oblasti mezi Vimperkem a Čkyní. V této oblasti byly podél celého toku rozsáhlé nátrže, na některých místech došlo k rozvětvení toku, viditelné byly akumulace v příbřežní zóně. Akumulace již v korytě nebyly, byly odstraněny v průběhu likvidace škod po povodni.

Povodí Vltavy začalo škody po povodni odstraňovat na Volyňce (od Vimperka po Volyni) a Pravětínském potoce. Odstranily se korytové akumulace, poškozené břehové porosty, byly upraveny profily koryt, dlažba, regulace.

Vlivem antropogenních zásahů do nivy, zužováním nebo omezením průchodnosti inundačním územím výstavbou komunikací, železničních náspů, nevhodně umístěnou zástavbou nedošlo na některých místech během povodně k dostatečnému rozlivu vody. Díky tomu došlo k urychlení proudění vody v korytě a k rozsáhlejším břehovým nátržím, destrukci komunikací a železničních náspů. Zničená komunikace byla např. v úseku mezi Vimperkem a Čkyní a k destrukci železničního náspu došlo u Malenic.

Nevhodně dimenzované mosty zopakovaly stejný průběh povodně jako v roce 2002. V Bohumilicích i nad Malenicemi došlo k přeložení koryta. Další erozní tvary (nátrže, výrazné poškození břehů) se nejvíce vyskytovaly ve střední a dolní části Pravětínského a Arnoštského potoka a na Volyňce v úseku mezi Vimperkem a Čkyní. Břehové nátrže na některých místech téměř způsobily podemletí budov.

Podle Křížka (2003) platí, že akumulace hrubší frakce se vyskytuje v blízkosti hlavních proudnic toků. Tyto akumulace byly často nalezeny v korytě toku. Naopak písečné akumulace se vyskytovaly spíše v příbřežní zóně nebo v nivě.

Nevhodně situovaný jez v Nišovicích opět poškodil břeh. V okolí jezů došlo k výraznějším škodám. Mezi Vimperkem a Sudslavicemi byly poničeny dva příčné stupně, navíc byla v jejich okolí poničena dlažba. Řada mostů byla poškozena nebo zničena. Most v chatové osadě pod Vimperkem byl zanesen, došlo k akumulaci materiálu v korytě a následkem toho se tok rozvětvil. Fotografická dokumentace z povodní 2009 se nachází v příloze.

Tab. 11 Vimperk SPA

Vyhlášení III.SPA	28. 6. 2009 3:05 hod.
Odvolání III.SPA	28. 6. 2009 7:15 hod.

Data: ČHMÚ, 2010

Tab. 12 Přehled škod v obcích v povodí Volyňky

Obec	Celková škoda (tis. Kč)	Počet obyvatel	Škoda na 1 obyvatele (tis. Kč)
Bohumilice	6 487	307	21,1
Bošovice	4 840	281	17,2
Buk	2 775	276	10,1
Čkyně	24 957	1 584	15,8
Lčovice	5 573	132	42,2
Malenice	26 754	652	41
Nišovice	9 350	222	42,1
Nicov	1 105	74	14,9
Stachy	2 930	1 219	2,4
Svatá Máří	7 474	562	13,3
Vacov	13 420	1 342	10
Vimperk	82 668	7 863	10,5
Zálezly	4 400	311	14,1
Zdíkov	16 270	1 722	9,4

Data: www.voda.chmi.cz

5. 4. Shrnutí povodní z roku 2002 a 2009

Vliv na rozdílný průběh jednotlivých povodní byl zapříčiněn odlišným typem synoptické situace. V roce 2002 povodí zasáhly dlouhotrvající srážky. Povodeň z roku 2009 byla bleskovou povodní. Vliv na tvorbu povodňové vlny mělo množství spadlých srážek nad jednotlivými částmi v povodí. V roce 2002 se největší srážkové úhrny vyskytly zejména v povodí Spůlky. Spůlkou prošla 50letá povodeň. Naopak v roce 2009 kulminační průtok na Spůlce přesáhl pouze 5letou vodu. Právě Spůlka velmi významně ovlivnila průběh povodně v roce 2002. Významně postihla Bohumilice a spolu s Dolanským potokem zaplavily řadu obytných domů ve Čkyni.

V roce 2009 zasáhly srážky zejména horní část Volyňky a její přítoky. V pramenné oblasti se našel větší počet geomorfologických projevů povodní než v roce 2002. Povodeň vzniklá v pramenné oblasti velmi významně ovlivnila úsek mezi Vimperkem a Čkyní. Ve spodní části povodí došlo v obou případech k rozlivu vody do inundačního území, a tím k transformaci povodňové vlny.

Během obou povodní měly propustky, mosty, jezy a regulované úseky stejný vliv na průběh povodně.

6. Výsledky

6. 1. Terénní mapování

Mapování v povodí Volyňky probíhalo ve dvou etapách. První mapování se uskutečnilo v období mezi 23. říjnem a 29. listopadem 2009 a trvalo 7 dní. Toto období lze zhodnotit pro mapování velmi pozitivně. Vzrostlá vegetace se v příbřežní zóně příliš nevyskytovala, a proto byl průchod snadný podél toku. Navíc byly velmi dobře viditelné akumulace, eroze a nátrže. Během prvního mapování byl zmapován celý úsek Volyňky od pramene po Volyni a dále všechny přítoky Volyňky v pramenné části. V druhém období mapování, které probíhalo od 1. července do 8. července, byly kromě předchozího mapování navíc ještě zmapovány přítoky Spůlka a Arnoštský potok. Celková délka všech toků činí 80 km. V první etapě bylo zmapováno 52 km, ve druhé etapě 80 km. V tab. 13 je přehled délek všech mapovaných úseků.

Tab. 13 Délka úseků

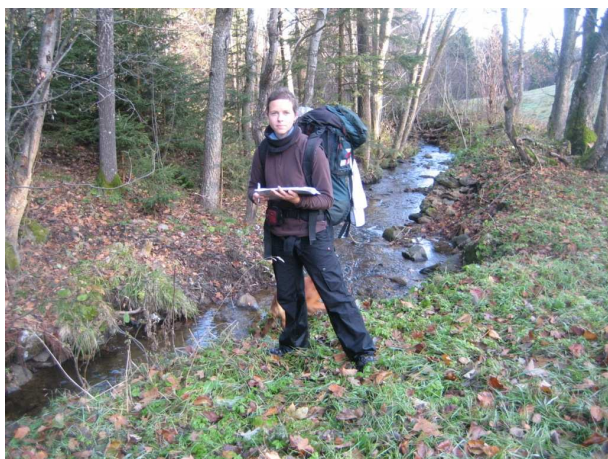
Vodní toky	délka úseků (Km)
Arnoštský potok	8,1
Jilmový potok	1,8
Kamenný potok	1,1
Malý potok	0,7
Medvědí potok	3,2
Michalův potok	2,6
Pravětínský potok	7,5
Spůlka	20,5
Potok Vodník	1,1
Volyňka	32,1
Žlutý potok	1,3

Data: mapování 2009, 2010

V druhém období mapování byla průchodnost územím náročnější kvůli vzrostlé vegetaci. Dvě mapování s půlročním odstupem byla navržena tak, aby se zjistily úpravy po povodni, jednotlivé změny ve vývoji povodňových akumulací a erozí v korytě, příbřežní zóně a v nivě aj.

Jedním z cílů práce bylo porovnat příčiny a následky povodní z roku 2002 a 2009. Z roku 2009 se dají následky povodně poměrně snadno zjistit z terénního mapování a informací od místních obyvatel.

Následky povodně z roku 2002 již v povodí nebyly znatelné, a proto bylo zapotřebí využít informací od místních obyvatel, povodňových značek na domech, závěrečných zpráv Povodí Vltavy a v neposlední řadě informací od starostů jednotlivých obcí. Dalším velmi užitečným dokumentem byla koncepce protipovodňové ochrany Jihočeského kraje.



Obr. 56 Terénní mapování. Foto: J. L. Muñoz Cano, 2009

6. 2. Analýza intenzity a charakteru upravenosti říční sítě

Tyto tzv. intenzitní parametry hodnotí upravenost říční sítě z hlediska potenciálního ovlivnění průběhu a následku povodní. Pro Index upravenosti toku bylo nejprve nutné vypočítat jednotlivé analytické ukazatele. Z výsledků indexu lze vyhodnotit celkovou intenzitu zásahů do říční sítě a údolní nivy.

Tab. 14 Index upravenosti toku

Toky	I_{TS}	I_{TW}
Medvědí potok	1,13	1,18
Jilmový potok	1,25	1,25
Malý potok	1,33	1,30
Potok Vodník	1,33	1,34
Michalův potok	1,63	1,47
Kamenný potok	1,67	1,69
Spůlka	1,73	1,53
Pravětínský potok	1,83	1,96
Arnoštský potok	1,92	1,77
Volyňka	2,19	2,23
Žlutý potok	1,63	1,64

Data: mapování 2009, 2010

V rámci studie byly vypočítány Index upravenosti toku I_{TS} a vážený index upravenosti toku I_{TW} . Ze sledovaných toků patří toky Potok Vodník, Jilmový, Malý, Medvědí a Michalův k tokům s nejnižšími hodnotami indexu.

Tyto toky, jejichž hodnoty jsou menší než 1,5, patří do pramenné části Volyňky. V okolí toků se nevyskytují sídla ani roztroušená zástavba. Právě sídla nebo roztroušená zástavba bývají místa, kde často dochází k úpravám toku, příbřežní zóny nebo nivy. Jedná se o toky ležící v CHKO, upravovat toky zde není povoleno a ani do budoucna k tomu nebude docházet. Dalším kladným parametrem pro vyhodnocení je upravenost

příbřežní zóny a údolní nivy. Velká část území je zalesněna. Všechny tyto ukazatele zapříčinily, že hodnoty I_{TS} jsou nízké.

Za povšimnutí stojí Žlutý potok, který se také vyskytuje v zalesněné pramenné oblasti Volyňky. Tento velmi krátký tok je rozdělen na dva úseky. V rámci upravenosti trasy toku mu byla přiřazena hodnota 4. Aritmetickým průměrem všech ukazatelů se hodnota indexu nedostala pod 1,5, čímž se zhoršil celkový charakter upravenosti toku. Na Kamenném potoce se nacházejí dva propustky. Kvůli tomu tok dosáhl horších hodnot indexu.

Porovnááme-li indexy I_{TS} a I_{TW} , zjistíme, že rozdíl v hodnotách u těchto toků nepřesahuje dvě desetiny.

Toky, kde indexy upravenosti přesahují hodnoty 1,7, patří k větším a významnějším tokům povodí. Index Arnoštského potoka je ovlivněn velkým výskytem pastvin v údolní nivě, vyskytují se zde úseky s rozsáhlými antropogenními úpravami v korytu. Na Spůlce se hodnota I_{TW} dostala pod 1,7. Hodnoty Indexu upravenosti tohoto jinak přírodního toku jsou ovlivněny výskyty jezů a nízkých stupňů.

Volyňka jednoznačně dosahuje nejvyšší hodnoty I_{TS} v rámci celého povodí, přesahuje hodnot 2. Ačkoli pramenná oblast je zalesněna a téměř bez zásahu člověka, v úseku od Vimperka po Čkyni je velký počet zásahů do koryta a údolní nivy. Jednou z příčin vyšších hodnot je výskyt sídel a měst na toku, úpravy koryta, pokles rozlohy zalesněné plochy a využití údolní nivy.



Obr. 57 Úprava koryta Volyňky ve Vimperku. Foto: Z. Rettichová, 2010

Volyňka má v různých částech svého toku proměnlivou upravenost. Hodnota I_{TS} je průměrnou hodnotou těchto rozdílných úseků. Pro porovnání rozdílných částí toku byla Volyňka rozdělena na 3 části. První úsek (od pramene po Vimperk, nacházející se v CHKO) má I_{TW} 1,48, na druhém úseku (od Vimperka po Čkyni) I_{TW} činí 2,83 a na třetím úseku (Čkyně po Volyni) je I_{TW} 2,17. Z těchto výsledků je patrné, že nejhorších hodnot dosahuje úsek Vimperk – Čkyně, kde se vyskytují čtyři obce, které mají výrazně upraven tok, intenzita zásahu do údolní nivy je též velmi zřetelná. V neposlední řadě

ovlivňují tento úsek 3 průmyslové oblasti. Tab. 15 ukazuje nejhorší úseky podle Indexu upravenosti úseku I_{TE} v rámci celého povodí.

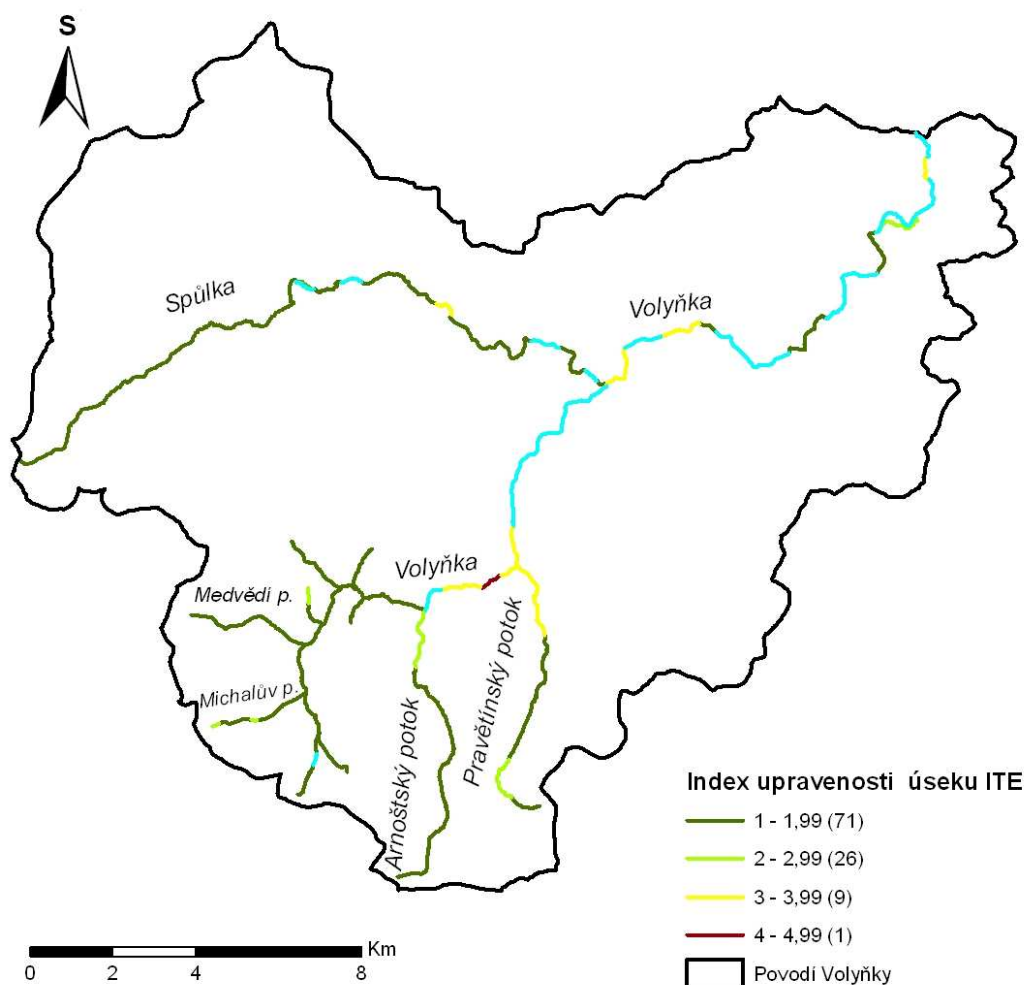
Úseky VOL020-023 se nacházejí ve městě Vimperk (zastavěná oblast), kde se vyskytuje řada stupňů v podélném profilu, velká část koryta je upravena dlažbou, tok byl uměle napřimován. Úseky VOL 002, 012, 014 patří obcím Nišovice, Malenice, Čkyně. I_{TE} SPU008 je dán výskytem vysokého jezu, napřímením úseku a upravením koryta a roztroušenou zástavbou.

Tab. 15 Nejhorší úseky v povodí Volyňky

Úseky	I_{TE}
VOL022	4,25
SPU008	3,75
VOL023	3,75
VOL002	3,50
PRA001	3,25
VOL014	3,25
VOL021	3,25
PRA002	3,00
VOL012	3,00
VOL020	3,00

Data: mapování 2009, 2010

Z vyhodnocení intenzity a charakteru upravenosti vyplývá, že nejvíce byly upravovány úseky nacházející se v obcích nebo jejich okolí. Mezi hlavní typy upravování patří úpravy břehu: kamenný pohoz, kamenná dlažba. V zastavěných oblastech docházelo k upravenosti trasy toku napřimováním. Na toku Volyňka a Spůlka se vyskytují nízké stupně, jezy a skluzy. Na menších tocích v pramenné oblasti se objevuje více propustků. V povodí nedochází k intenzivní úpravě dna (beton, kamenná dlažba) ani k souvislé úpravě dna a břehu betonem nebo kamennou dlažbou či polovegetačními tvárnici.



Obr. 58 Rozložení hodnot indexu upravenosti toků ITE v povodí Volyňky.
Data mapování 2009, 2010

6. 3. Identifikace kritických úseků

Z výsledků terénního mapování lze určit kritické úseky, které svým charakterem úprav koryta a údolní nivy mohou negativně ovlivnit průběh a následky povodní. Kombinací jednotlivých ukazatelů se vyhodnotí kritické úseky.

- **Úpravy urychlující proudění a postup povodňové vlny**

Jako výběrové kritérium pro vyhodnocení úseků, kde úpravy urychlují proudění a postup povodňové vlny, byly vybrány kombinace parametrů: známky napřímení trasy, zpevnění břehů nebo dna koryta kamennou dlažbou a $\sinusoita < 1,05$.

Toto kritérium se v celém povodí vyskytlo jen jednou, a to na toku Volyňka v jeho pramenné části. Úsek se nachází pod Světlohorskou nádrží, kde došlo v minulosti

k úpravě koryta, jeho napřímení a zpevnění břehu a dna pro účely plavení dřeva. V úseku se vyskytuje stará porušená kamenná dlažba.



Obr. 59 Úsek se starou kamennou dlažbou na horním úseku Volyňky.

Foto: Z. Rettichová, 2009

- **Úpravy omezující využití retenčního potenciálu údolní nivy**

Za kritéria pro výběr těchto kritických úseků byly vybrány ukazatele: ochranná hráz podél toku nebo zkapacitnění koryta a absence intravilánu nebo průmyslu v příbřežní zóně a údolní nivě. Tab. 16 znázorňuje úseky s těmito úpravami.

Tab. 16 Úseky s úpravami omezující využití retenčního potenciálu nivy

Úseky
ARN002
PRA002
PRA003
VOL003
VOL004a
VOL016
VOL018

Data: mapování 2009, 2010

Ze sledovaných 107 úseků bylo nalezeno 7 kritických úseků úpravy omezujících využití retenčního potenciálu údolní nivy. Úsek na Arnoštském potoce je diskutabilní. Nevyskytuje se zde sice intravilán, ale pouze roztroušená zástavba s dvěma obytnými domy. Proto bylo snahou úpravy koryta rychlé odvedení vody.

Na Pravětínském potoce byly úseky PRA002,003 během povodně velmi poničeny. Ačkoliv jsou koryta zkapacitněna, voda si zde vytvořila dvě nová koryta. Není však známo, zda ke zkapacitnění koryta došlo až po povodni, nebo bylo koryto upraveno již před ní. Na úseku PRA003 byl roku 1941 zahrazen Pravětínský potok přehrázkou. Toto zahrazení bystříného potoka vede k zadržení vody a sedimentů během povodně. Při povodni 2009 záhražka nedokázala zadržet tak velké množství vody.

Zkapacitnění koryta spolu se zahrazením toku na sebe působí v protikladu. Zatímco přehrážka se snaží vodu v úseku zadržet, zkapacitněné koryto proud vody urychluje.

Negativní vliv zkapacitnění koryta je hlavně patrný při malých povodních, kdy se dostatečně nevyužije retenční kapacita příbřežní zóny a údolní nivy a nedojde k transformaci povodňové vlny.

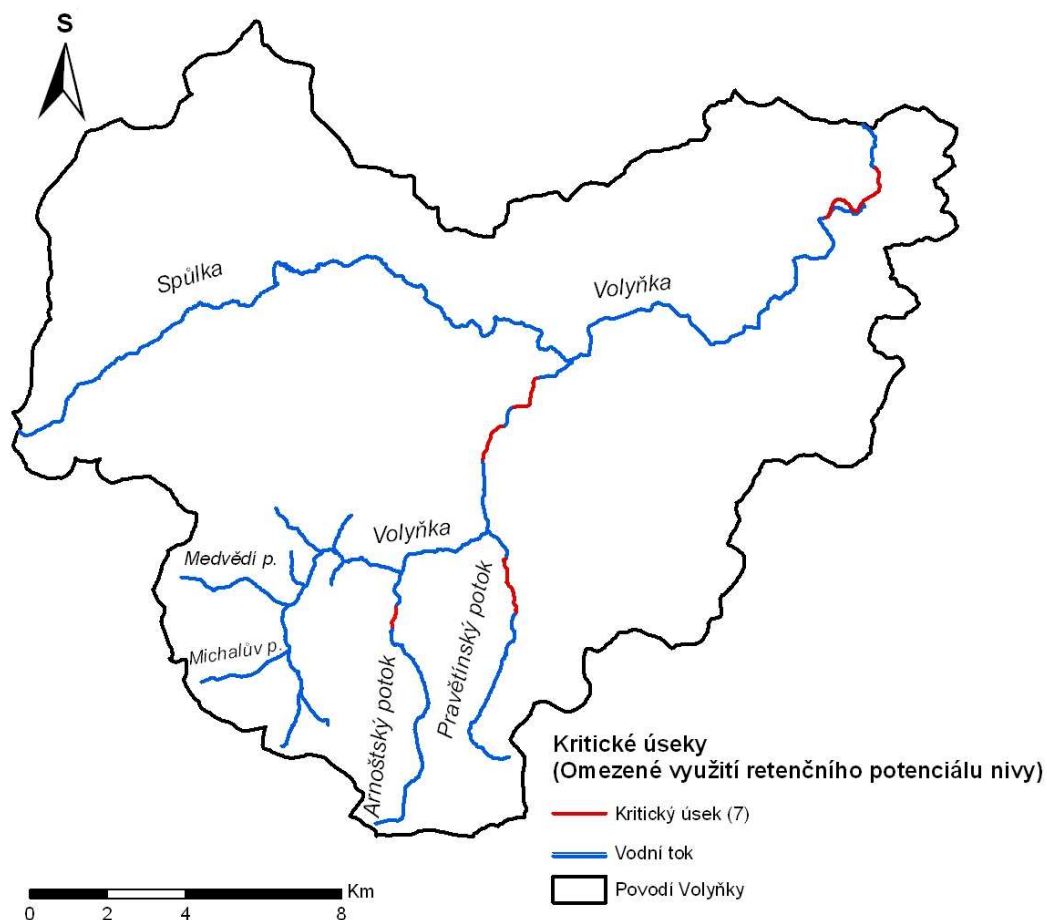
Na toku Volyňka po povodni 2009 došlo k rozsáhlým úpravám v korytě. Velká část koryta tohoto toku byla zkapacitněna, na břehy byl dán kamenný pohoz, který však během další povodně pravděpodobně koryto opět zanese. Tím, že jsou koryta zkapacitněna, dochází k rychlejšímu odvedení vody z území a přenesení problémů do nižších poloh povodí.



Obr. 60 Příklad zkapacitněného koryta na toku Volyňka u Sudslavic.

Foto: Z. Rettichová, 2010

Shrneme-li úpravy úseků vyskytující se v povodí, nenachází se nikde kombinace hráz bez současného výskytu intravilánu a průmyslu. Na všech uvedených úsecích (Tab. 16) bylo zkapacitněno koryto.

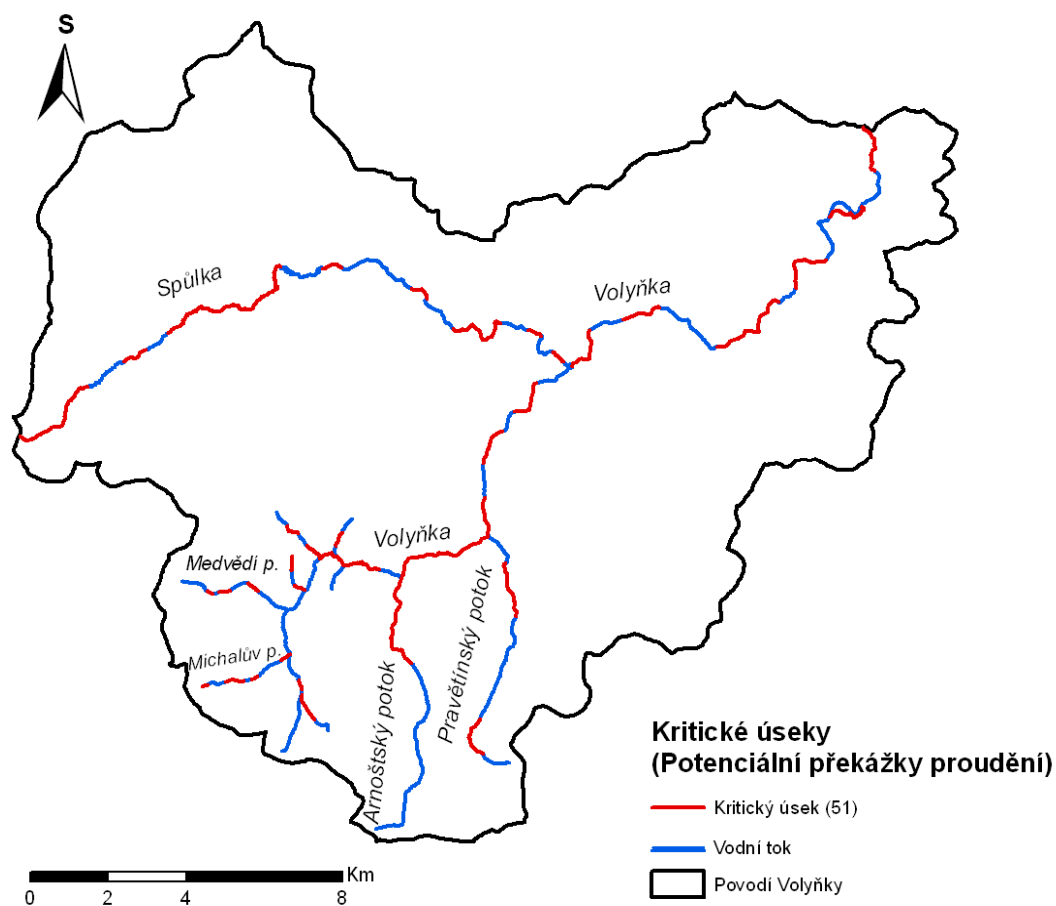


Obr. 61 Kritické úseky: úpravy omezující využití retenčního potenciálu nivy.

Data: mapování 2009, 2010

▪ **Potenciální překážky proudění v korytě toku a údolní nivě**

Do této kategorie patří ty překážky, které mohou při vysokém vodním stavu měnit charakter proudění, vychýlit směr toku nebo mohou působit jako dočasná překážka. Mezi potenciálně kritické překážky byly vybrány vysoké jezy, propustky, nedostatečně dimenzované mosty, jiné překážky v korytě toku a úpravy snižující kapacitu koryta. Ze 107 mapovaných úseků se vyskytlo 51 úseků s potenciálními překážkami proudění v korytě toku a údolní nivě.



Obr. 62 Kritické úseky: Potenciální překážky proudění v korytě a v údolní nivě.
Data: mapování 2009, 2010

Nejčastější překážku tvoří špatně dimenzované mosty. Velký výskyt těchto překážek se vyskytuje v pramenné oblasti Volyňky, ale největší destruktivní účinky měly při povodních na středním toku Volyňky. V horní části povodí se také častěji vyskytují propustky, které jsou znovu konstruovány i po jejich porušení při povodních.



Obr. 63 Příklad propustku na Jilmovém potoce.
Foto: Z. Rettichová, 2009

Za jeden z nejkritičtějších úseků celého povodí lze považovat úsek VOL014, v Bohumilicích. Na tomto úseku se vyskytuje jez a těsně pod ním špatně dimenzovaný most. Voda pod jezem má rychlejší energii proudění a spolu s mostem, kde je zúžený průtočný profil, mají extrémní dopad na průběh povodně v tomto úseku. Další poměrně častou překážkou je omezení průchodnosti napříč nivou. Většinu omezení tvoří násypy komunikací a železnic.

▪ **Nevhodná struktura upravenosti trasy toku**

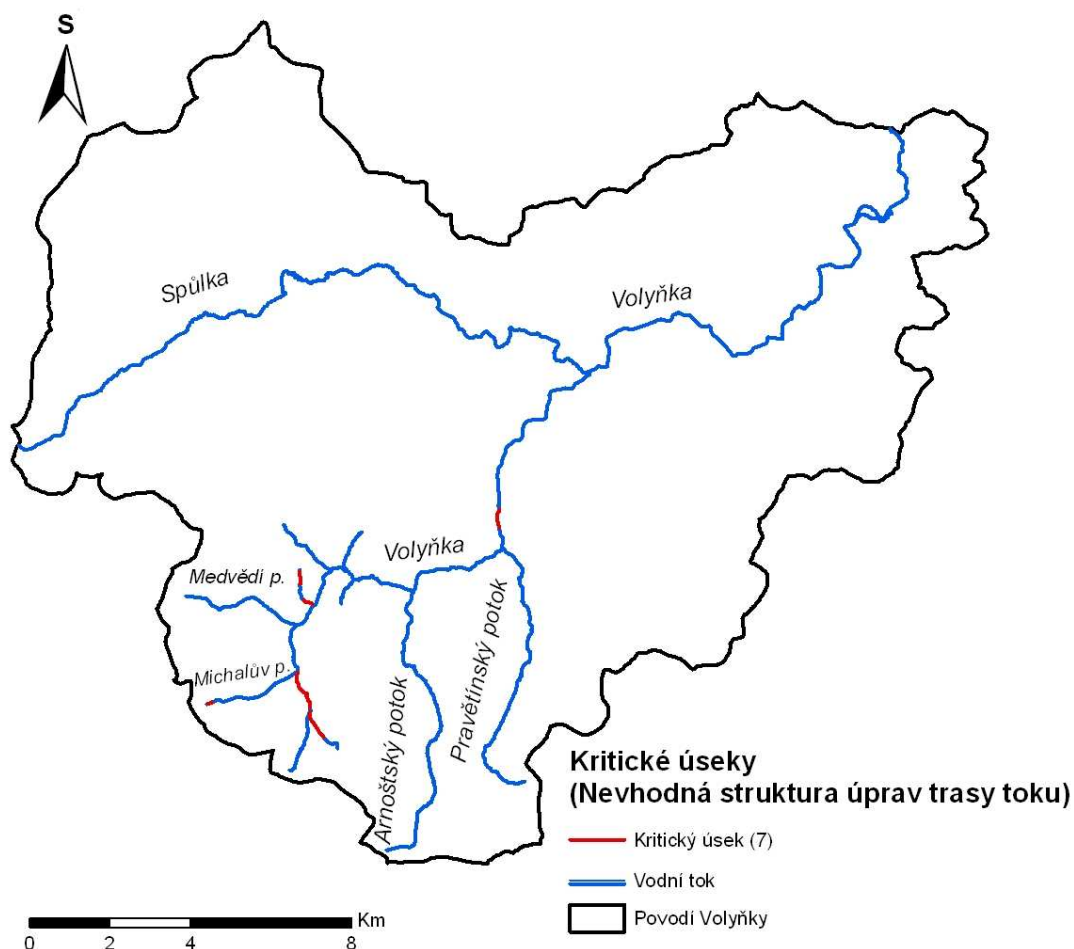
Výskyt napřímeného úseku toku zaústěného do meandrujícího nebo zákrutového úseku způsobuje mimořádně intenzivní projev eroze nebo akumulace. Pokud se navíc v úseku vyskytují objekty, dochází často k jejich destrukci. Pro vyhodnocení tohoto kritického úseku se použijí ukazatele upravenosti trasy toku a sinusoita úseku. Ze 107 úseků do této kategorie spadá 7 úseků. Poměrně malý počet výskytů tohoto typu kritických úseků je dán malým množstvím napřímených úseků. Úsek Kamenného potoka je úsekem ústícím do Volyňky, kde byly během terénního mapování patrné rozsáhlé erozní tvary.

Tab. 17 Úseky s nevhodnou strukturou upravenosti trasy toku

Úseky
KAM001
KAM003
MIC008
VOL020
VOL034
VOL035
ZLU001

Data: mapování 2009, 2010

Úsek VOL020 se nachází pod Vimperkem. I zde byla patrná erozní činnost. Závažnějším problémem tohoto úseku je ČOV, která může být během povodní velmi ohrožena. Tento problém se vyskytl i při povodni 2009.



Obr. 64 Kritické úseky: nevhodná struktura upravenosti trasy toku.

Data: mapování 2009, 2010

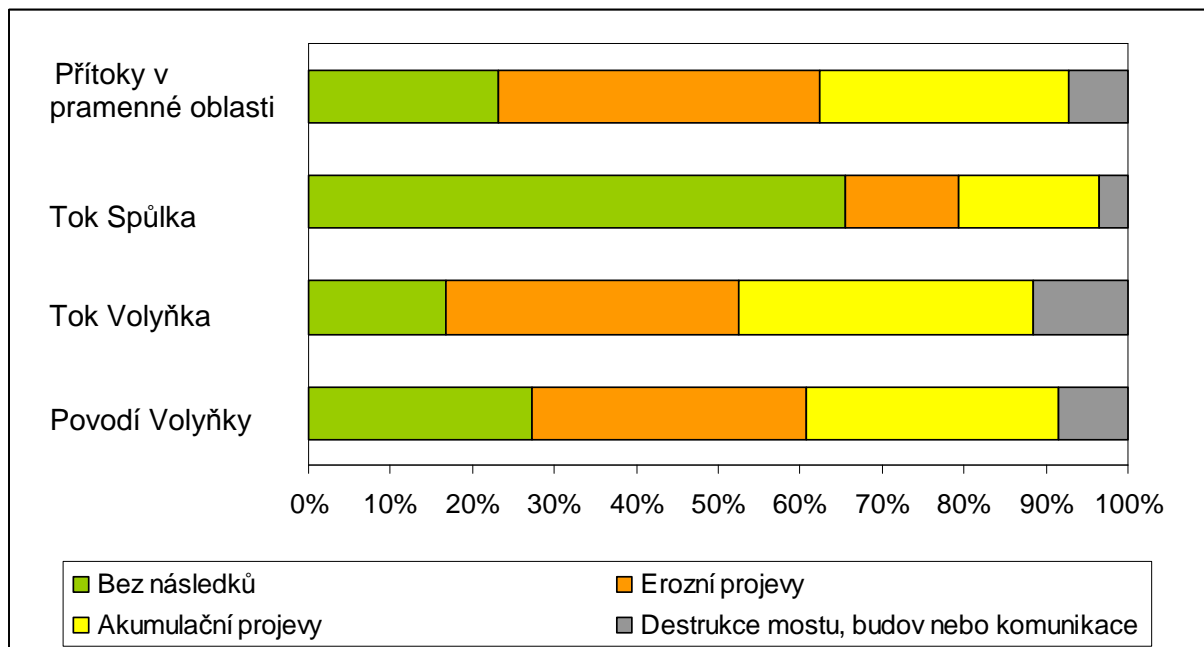
6. 4. Typologie následků povodně

Typologie se provádí na základě výsledků mapování z ukazatelů geomorfologických projevů povodně a povodňových škod. Podle projevů povodně se úseky dělí:

- Úseky bez následků povodně
- Úseky s erozními projevy
- Úseky s akumulacími projevy
- Úseky s destruktivními projevy

Analýza projevů povodně byla pro tuto práci hodnocena na různých prostorových úrovních. Vzhledem k tomu, že Volyňku nelze rozdělit na tok horní, střední a dolní, bylo hodnocení provedeno v rámci celého povodí, v rámci samostatných toků (Volyňka a Spůlka) a v rámci všech přítoků Volyňky vyskytujících se v její pramenné části. Dále byl tok Volyňky rozdělen do třech úseků podle určitých

charakteristik na pramennou oblast (od pramene po Vimperk, nacházející se v CHKO), oblast antropogenně ovlivněnou (Vimperk – Čkyně) a poslední úsek za Čkyní po Volyni. Poslední úsek má již vyvinutou údolní nivu a koryto je přírodnějšího charakteru, méně osídlené.



Obr. 65 Výsledky typologie následků povodně 2009 v povodí Volyňka, data: mapování 2009, 2010

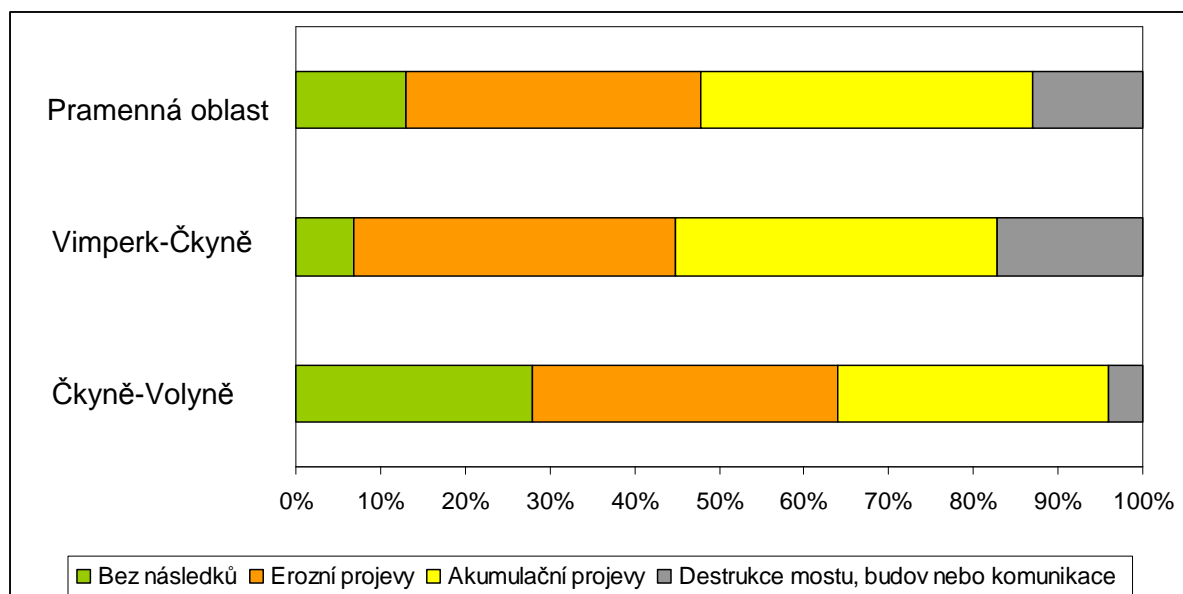
Z obr. 65 je patrné, že v roce 2009 se na toku Spůlka nevznikly rozsáhlé následky povodní. V oblasti Spůlky nevypadlo během července 2009 tolik srážek, a proto nebyla tato část povodí výrazně ovlivněna povodněmi. Z tohoto důvodu vychází velmi kladné výsledky právě na toku Spůlka.

Na přítocích Volyňky v horní části povodí, nedošlo k velkému počtu destrukcí. Je to dáno tím, že velká část toků se nachází v neosídlených místech. Naopak je patrný nárůst akumulacních tvarů, ke kterým právě v horní části toku dochází.

Křížek, Engel (2007) ve své práci uvádějí, že největší změny v morfologii říčního koryta a nivy byly po povodni 2002 zjištěny v bezprostřední návaznosti na antropogenně ovlivněné úseky koryta či nivy. Ke změnám v korytech a nivách docházelo téměř výhradně na středních a spodních tocích. Pramenné oblasti a horní úseky toků byly zasaženy nepatrně.

Povodeň z roku 2009 měla jiný průběh. Nejvíce byla srážkami zasažena pramenná oblast Volyňky spolu s jejími přítoky. V této oblasti povodeň vznikla a kvůli rychlému spádu toku postupovala do nižších částí povodí. Proto se během povodně 2009 vytvořily v pramenné oblasti rozsáhlé akumulacní i erozní tvary. Voda postupovala do nižších

úseků, kde došlo k dalším projevům povodně. Tomuto rozsahu projevů navíc přispěly antropogenní úpravy.



Obr. 66 Výsledky typologie následků povodně 2009 na toku Volyňka, data: mapování 2009, 2010

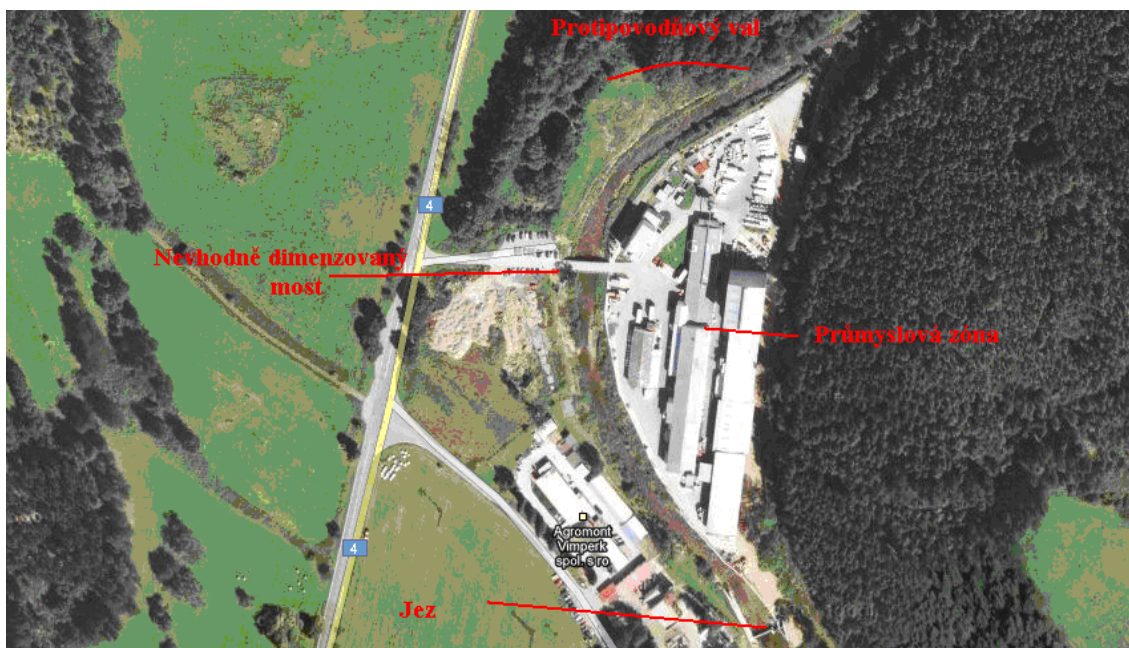
Podle obr. 66 je rozsah projevů akumulací a erozních přibližně na stejné úrovni. Úsek mezi Vimperkem a Čkyní je v rámci následků povodní nejkritičtější. Na tomto úseku je viditelný nárůst projevů erozních, akumulacích, ale hlavně destruktivních. V úseku došlo k poškození komunikací, stržení mostů, destrukcím budov, rozsáhlým nátržím, přeložení koryta aj. Horní tok Volyňky byl velmi ovlivněn přítoky, proto se tu vytvořilo velké množství tvarů akumulacích i erozních.

6. 5. Návrh opatření

V rámci návrhu opatření je vhodné prozkoumat již identifikované kritické úseky a vybrat lokality, kde by se konkrétním opatřením dalo průběhu a rozsahu povodně zabránit. Z celého povodí jsem vybrala několik úseků, kde by byla úprava vhodná.

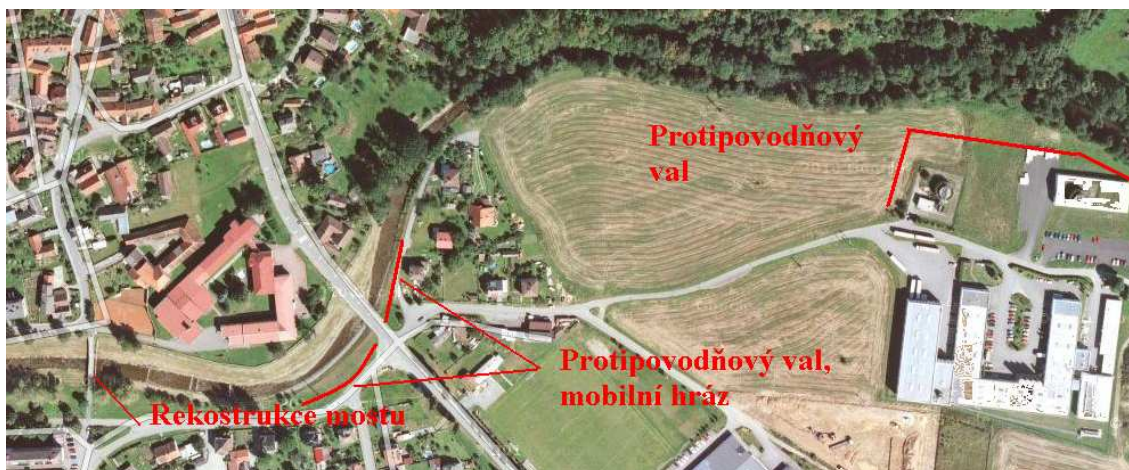
Úpravy dimenzování objektů na toku

Úsek v Bohumilicích má vysoký jez a asi 50 m pod ním se nachází nevhodně dimenzovaný most, který se navíc vyskytuje v zákrutu. To zapříčinilo, že si tok vytvořil nové koryto a voda se tak tudy dostala do Čkyně. Návrhem proto je: výrazně dimenzovat most a dále za zákrutem vytvořit protipovodňový val, který by vodu vrátil zpět do původního koryta. Zamezilo by se tak zaplavení Čkyně.



Obr. 67 Příklad opatření v úseku Bohumilic. Foto: www.googlemaps.com

Most ve Čkyni též ovlivňuje průběh povodně. Navíc se vyskytuje v zákrutu. V tomto úseku by bylo vhodné vystavět protipovodňový val nebo mobilní hráz a odstranit nebo zrekonstruovat most pro pěší, kde jeho pilíře snižují kapacitu koryta. Za Čkyní se nachází průmyslová oblast, která bývá pravidelně zaplavována. V roce 2010 byl postaven protipovodňový val.



Obr. 68 Příklad opatření ve Čkyni. Foto: www.googlemaps.com

Dojde-li ke zničení části silnice a propustku během povodně, je vhodné zvážit, zda by nebylo lepší vybudovat most. Tento příklad se nachází na Jilmovém potoce, kde byl po povodni 2009 nově vybudován propustek, který kapacitně neodpovídá vyššímu vodnímu stavu během povodně.



*Obr. 69 Nově vytvořený propustek,
Foto: Z. Rettichová, 2010*

Na Pravětínském potoce si voda, díky zanesení propustků vytvořila nové koryto. V tomto úseku navrhuji zanechat tvar nového koryta a vybudovat dostatečně dimenzovaný most



*Obr. 70 Nově vytvořené koryto na Pravětínském potoce.
Foto: Z. Rettichová, 2010*



Obr. 71 Nevhodně dimenzovaný most na Pravětínském potoce vytvořený propustky, voda si vytvořila nové koryto. Foto: Z. Rettichová

Odstranění nevhodné zástavby v inundačním území

Úsek pod Vimperkem, kde se nachází chatářská osada, je také poměrně velkým kritickým úsekem. Kvůli protipovodňovému opatření je voda z Vimperka odvedena do dalšího úseku, kde by bylo velmi vhodné, aby se voda mohla rozlít do údolní nivy. V tomto úseku však došlo ke zúžení inundačního území roztroušenou zástavbou. Odstranit tyto stavby (ačkoli jsou podle městského úřadu ve Vimperku) černými stavbami, je neuskutečnitelné. Proto by bylo vhodné alespoň odstranit ploty, na kterých se zadržuje velké množství materiálu a tím brání rozlivu vody.

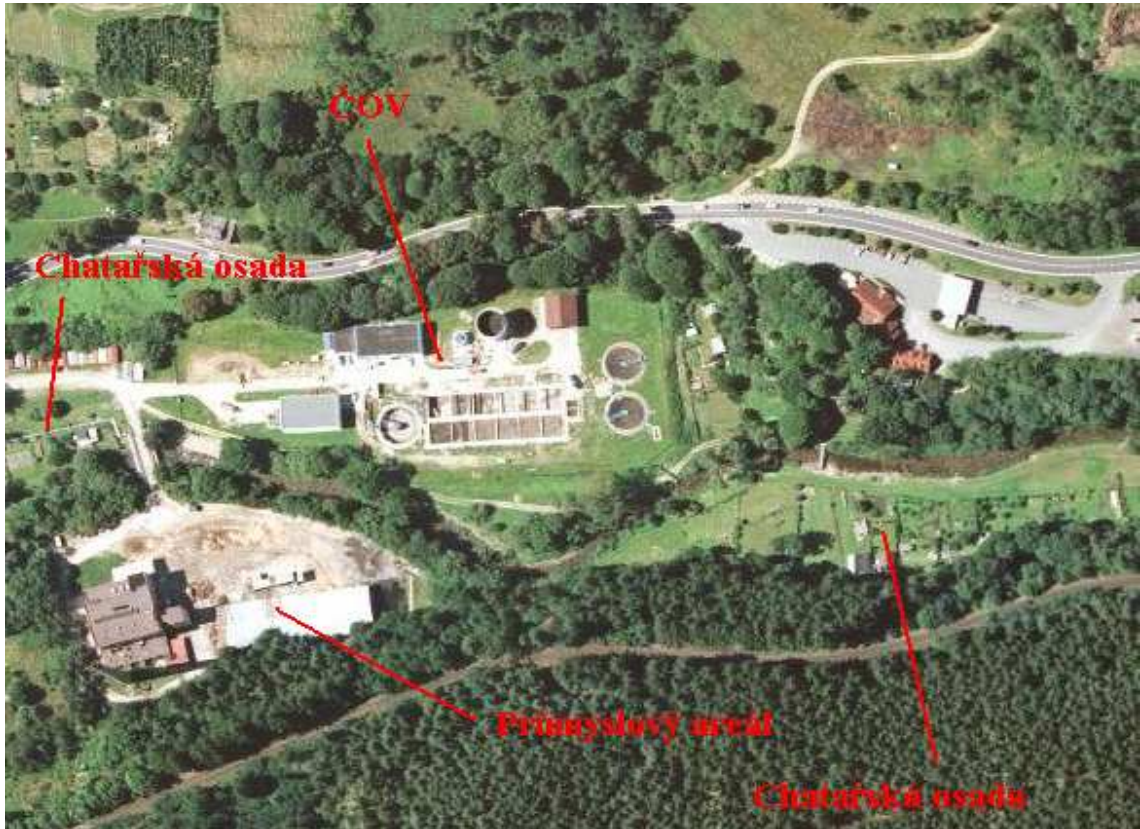


Obr. 72 Příklad roztroušené zástavby.

Foto: Z. Rettichová, 2009

Dalším problémem v tomto úseku je nevhodně situovaná ČOV. Tento úsek pod Vimperkem je první místo, kde může dojít k rozlivu vody do inundačního území. Navíc se ČOV nachází v zákrutu. Během povodně 2009 byly břehy podemlety. V současné

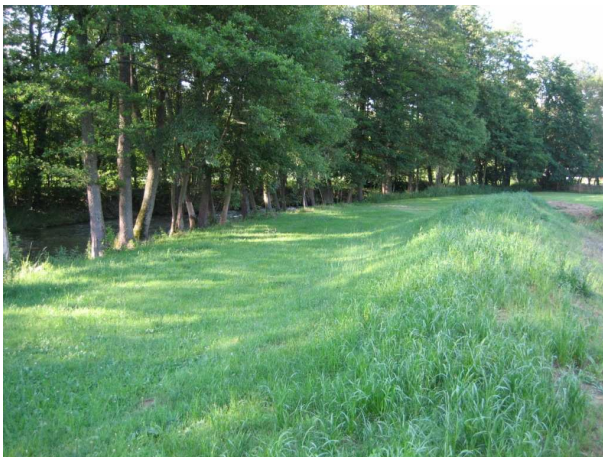
době je koryto spolu s břehy upraveno pouze vedle ČOV, ale není zahloubeno ani upraveno v úseku nad ní, a proto může dojít k zalití tohoto objektu. Jako opatření by mohl být vybudován protipovodňový val.



Obr. 73 Kritický úsek pod Vimperkem. Foto: www.googlemaps.com

Protipovodňové valy

V obci Lčovice byl velmi vhodně na soukromém pozemku vystavěn protipovodňový val, který brání zaplavení sídla. Na toku Volyňka by bylo prospěšné vybudovat v zastavěných oblastech více takových valů.



Obr. 74 Příklad protipovodňového valu na soukromém pozemku ve Lčovicích.
Foto: Z. Rettichová, 2010



Obr. 75 Protipovodňový val v obci Lčovice. Foto: www.googlemaps.com

Úpravy dna a břehů

Za velmi kritickou hodnotím úpravu koryta po povodni 2009. Ve velké části toku Volyňky došlo k úpravě dna a břehů. Ze dna byl přenesen kamenný materiál na břehy, čímž se vytvořil kamenný pohoz. Bohužel materiál tohoto pohozu je velmi nestabilní a bude stačit další povodeň, aby vše vrátila do původního stavu. Pokud dochází k úpravě břehů, doporučuje se využít vegetace, která tyto břehy může zpevnit.



Obr. 76 Úprava koryta a břehu po povodni 2009.
Foto: Z. Rettichová, 2009



Obr. 77 Zkapacitněné koryto a břehy upravené kamenným pohozem.

Foto: Z. Rettichová, 2009, 2010

7. Diskuse

Výsledky aplikace metodiky HEM-F ukázaly, že je možno dobře identifikovat úseky toků, kde úpravy mohou ovlivnit průběh a následky povodní. Vlastní sběr dat i následné hodnocení jsou přitom ovlivňovány řadou činitelů, které mají výrazný podíl na výsledku.

Terénní mapování

Terénní mapování je časově náročné. Je zapotřebí odbornosti mapovatele a zároveň jsou jeho výsledky závislé na různých faktorech, jakými jsou mj. načasování mapování, správné vymezení mapovaných úseků nebo rozpoznání historických úprav.

Mezi problematické aspekty patří vymezení délky úseků. Rozdílné vymezení hranic úseku a jeho odlišná délka totiž mohou výrazně ovlivnit výsledky hodnocení. Na jednu stranu by zkracování úseků vedlo ke zvýšené náročnosti z hlediska času potřebného pro mapování a zpracování, na druhou stranu mohou delší úseky změnit vyhodnocování výsledků. Tento problém se objevil během vyhodnocování výsledků při identifikaci kritického úseku úprav urychlujících proudění a postup povodňové vlny. Jedním z kritérií byla $\text{sinusoita} < 1,05$. Pokud je úsek krátký, vychází hodnoty sinusoity nižší. Tento případ nastal ve Vimperku, na úseku VOL021. Jedná se o dlouhý atropogenně upravený zákrut, kdy sinusoita vyšla 1,26; přitom pro vyhodnocení kritického úseku jsou ostatní kritéria splněna. Pro povodí Volyňky je hodnota sinusoity 1,05 příliš nízká. Návrhem možného řešení je možnost posouvání číselné hodnoty sinusoity pro každé konkrétní povodí.

Načasování mapování patří k dalším problematickým aspektům. (Lehotský, Grešková, 2004) ve své metodice doporučují správné načasování terénního mapování. Terénní průzkum by měl probíhat v období nízkých vodních stavů, kdy jsou struktura dna a substrát viditelné a to především během vegetačního období od června do září. Z praxe je známo, že v době vegetačního období, kdy podél toku roste velké množství kopřiv, je velmi náročné a často nemožné tok zmapovat. Volba dvou rozdílných ročních období během mapování v povodí Volyňky byla zhodnocena velmi pozitivně. Během mapování mimo vegetační období byl možný průchod podél celého toku a bylo možné zmapovat koryto, břehy a akumulční a erozní tvary.

Při terénním mapování se mapovatel může setkat s problematikou určení úseků, které byly antropogenně napřimovány. V povodí k těmto napřimováním docházelo v dávné minulosti, takže koryto může již být zarostlé tak, že nelze poznat zásah člověka. Toto chybné vyhodnocení se může projevit a ovlivnit vyhodnocování výsledků kritických úseků.

Typologie následků povodně slouží k vyhodnocení charakteru průběhu povodně v jednotlivých částech povodí. Slouží k určení převládajících geomorfologických projevů povodně v korytě a údolní nivě a umožňuje odlišit oblasti toku podle odlišného charakteru působení povodně na prostor údolní nivy (Langhammer, 2008). Pro diplomovou práci typologie posloužila jako doplňující informace o projevu povodně.

Vyhodnocování kritických úseků

Během vyhodnocování kritických úseků došlo na otázku, zda jsou tyto úseky zvoleny správně. Žádná z metodik není 100 % přesná při vyhodnocení a proto je potřeba ověřit správnost během mechanického získávání výsledků. Při určování kritických úseků se vyskytlo několik problémů.

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, během identifikace úprav urychlujících proudění v korytě a postup povodňové vlny, byla problémem hodnota sinusity 1,05. V povodí se vyskytly další 3 úseky (ve Vimperku), kde byla limitujícím faktorem právě sinusita. Tyto úseky nebyly vyhodnoceny jako kritické, ačkoli do této kategorie bezesporu patří. Naopak podle kritérií, byl mechanicky vybrán úsek, který v rámci úprav urychlujících proudění v korytě a postup povodňové vlny nebude mít tak velký význam.

Při vyhodnocování struktury trasy toku nebylo v metodice uvedeno, zda za kritický lze považovat úsek (napřímený úsek) ústící do jiného toku (úsek se zákruty nebo meandrující). Charakteristickým rysem této struktury je výskyt rozsáhlých erozních a akumulčních tvarů. Během mapování na těchto úsecích byly nalezeny akumulční a erozní tvary, a proto byly tyto úseky zařazeny jako kritické s nevhodnou strukturou upravenosti trasy toku. Takové úseky se mohou vyskytovat i v jiných povodích, a proto je zapotřebí na tento problém poukázat.

Při identifikaci kritického úseku úprav omezujících využití retenčního potenciálu údolní nivy, byl nalezen úsek, ve kterém se sice nevyskytuje intravilán ani průmyslová zóna, ale vyskytuje se roztroušená zástavba s celoročně obývanými domy. Proto lze vzít v úvahu jako další výběrové kritérium také roztroušenou zástavbu.

Extremita povodně

Význam upravenosti trasy toku (zkracování), úprav koryta toku a charakter využití údolní nivy a příbřežní zóny klesá s extremitou povodně. Tyto typy úprav ovlivňují nejvíce průběh povodně při povodni malého až středního rozsahu. Naopak při extrémní povodni, zejména vzniklé z regionálních dešťů nebo táním sněhu, je vliv těchto úprav velmi malý.

Úpravy podélného profilu (jezy, stupně) nebo potenciální překážky proudění v toku, patří mezi typy úprav, u kterých s extrémní povodní roste jejich význam (Langhammer, 2007). V roce 2009 navíc ovlivnily průběh povodně srážky, které se koncentrovaly v pramenné oblasti povodí. Velká sklonitost toků a zaříznutá údolí zapříčinila rychlý postup povodňové vlny do nižších částí povodí.

8. Závěr

V roce 2002 a 2009 zasáhly povodí Volyňky extrémní povodně, které po sobě zanechaly rozsáhlé škody. Bylo snahou nalézt ta kritická místa, která negativně ovlivňují odtok vody při povodni. Výsledky mapování a následná analýza ukázaly, že v povodí Volyňky se na tocích vyskytují antropogenní zásahy, které mohou ovlivnit průběh povodně. Zásahy člověka se liší jak charakterem jednotlivých úprav v toku, příbřežní zóně a údolní nivě, tak intenzitou a prostorovým rozložením těchto úprav.

V horním části povodí se vyskytují odlišné typy úprav než je tomu v nižších částech povodí. Limitující faktory pro rozliv vody do krajiny se nacházejí v pramenné oblasti povodí. To je dáno především zaříznutými údolními a vysokým spádem v horní části toku. Voda se tak nemůže rozlít do okolí. Jestliže je jádro vzniku povodně v pramenné oblasti toků, tato oblast nedokáže zadržet vodu ani transformovat povodňovou vlnu. Tento případ nastal v roce 2009, kdy nejvíce srážek vypadlo právě nad pramennou oblastí. Voda se tak rychle dostala do nižších poloh povodí. Na základě typologie následků povodní bylo zjištěno, že v této oblasti došlo k akumulacím a erozním projevům povodně. Hlavními potenciálními překážkami proudění v tomto úseku jsou propustky.

V nižších oblastech narůstá intenzita úprav jak v korytě, tak i v příbřežní zóně a údolní nivě. Tyto úpravy souvisejí s výskytem sídel, infrastruktury. V intenzivní zástavbě bývá upravováno a/nebo napřimováno, případně zkapacitněno koryto a jsou budována protipovodňová opatření. Snahou všech těchto úprav je rychlé odvedení vody do nižších poloh.

Ve střední části povodí se nachází větší počet nevhodně dimenzovaných mostů a jezů. Právě tyto překážky v korytě mají vliv na průběh povodně v jejich bezprostřední blízkosti a následky lze snadno identifikovat. V jejich bezprostředním okolí se vytvářejí erozní nebo akumulacní tvary, dochází k destrukcím objektů a někdy i samotných mostů. Příkladem může být most v Bohumilicích, ve Čkyni nebo stržený most pod Vimperkem.

Další úpravou, která má negativní vliv na průběh povodně, je omezení retenčního potenciálu údolní nivy. Následky jsou v tomto případě těžko předvídatelné a nemusí se projevit v bezprostřední blízkosti omezení. Ovlivněny mohou být nižší úseky toku. V povodí Volyňky mezi hlavní omezení retenčního potenciálu údolní nivy patří úprava koryta a břehů, zkapacitnění koryta a úprava břehů kamenným pohozem.

Výsledky dosažené pomocí metodiky HEM-F ukázaly, že je možné dobře identifikovat kritické úseky toků.

Během odstraňování povodňových škod je nutné se zaměřit na příčiny negativních vlivů povodně a ne pouze mechanicky likvidovat škody. Snahou je

neopakovat předchozí nevhodné úpravy, ale naopak upravovat úsek tak, aby byl co nejvíce podobný přírodnímu stavu.

Seznam literatury

ALBRECHT, J. (1986) Šumava. Praha, 379 s.

Atlas podnebí Česka ČHMÚ a UP v Olomouci. Praha a Olomouc, 2007.

BABŮREK, J. (2006): Průvodce geologií Šumavy. Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, Vimperk, Česká geologická služba, Praha, 118 s.

BARBOUR, M. T., GERRITSEN, J., SNYDER, B. D. et al. (1999) Rapid Bioassessment Protocol for Use in Stream and Wadeable River: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., 339 s.

BIRKL, S. (2007): Review of European assessment methods for rivers and streams using Benthic Invertebrates, Aquatic Flora, Fish and Hydromorphology. Diplomová práce. University of Duisburg-Essen, Essen, 106 s.

BRÁZDIL, R. a kol. (2005): Historické a současné povodně v České republice. ČHMÚ, Praha, Masarykova univerzita v Brně, Brno, sv.7, 369 s.

Centrum pro regionální rozvoj ČR (2008): Centrum pro regionální rozvoj České republiky a jeho role při využívání prostředků Evropské unie. Online. http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/s/2002/0051_52/pril.html

ČERVINKA, P. (2003): Změny v korytě a údolní nivě Blanice mezi Prachaticemi a Bosňany při povodni v srpnu 2002. Geomorfologický sborník 2, Západočeská univerzita v Plzni a Česká asociace geomorfologů, Plzeň, s. 67-73.

ČNI (2005): ČSN EN 14614 Jakost vod- Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek. ČNI, Praha.

DEMEK, J. a kol. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Praha, 584 s.

DOSTÁL, T. (2008): Zásady revitalizace drobných vodotečí. ČVÚT, Praha, 22 s.

FLEISCHHACKER, T., KERN, K. (2002). Ecomorphological Survey of Large Rivers. German Institute of Hydrology.

FUKSA, J. K. (2000): Unifikace metod hydroekologického hodnocení toků a niv s pilotní aplikací na úseky Labe. VÚV TGM, Praha, 101 s.

HEJDUKOVÁ, L. (2009): Morfologická kategorizace vodních toků a její možné použití ve vodním hospodářství disertační práce k získání akademického titulu Ph.D. ČVÚT, Praha, s. 133

HLADNÝ, J. (1997): K otazníkům, katastrofální povodňové situace v červenci 1997. In Povodně a krajina '97. Sborník přednášek konané 13. - 14. listopadu 1997. ICID CIH. Brno, s. 1-5.

- HRÁDEK, M. (2003): Koncepční posun při výzkumu geomorfologické účinnosti povodní v ČR In GEOMORFOLOGIE '03. Příspěvky z mezinárodního semináře 22.-23. 4. 2003, Nečtiny, KGE ZČU v Plzni, Plzeň
- HRÁDEK, M. (2003): Návrhy některých českých termínů z povodňové geomorfologie. Geomorfologický sborník 2, Západočeská univerzita v Plzni, s. 81-86.
- CHÁBERA, S. (1986): Jižní Čechy. Praha, 386 s.
- CHÁBERA, S. (1987): Příroda na Šumavě: přírodovědný průvodce. České Budějovice, 182 s.
- CHÁBERA, S. (1998): Fyzický zeměpis jižních Čech: přehled geologie, geomorfologie, horopisu a vodopisu, České Budějovice, 139 s.
- CHÁBERA, S. a kol. (1985): Neživá příroda. České Budějovice, 269 s.
- CHÁBERA, S. a kol. (1987): Příroda na Šumavě. České Budějovice, 181 s.
- CHLUPÁČ, I. (2002): Geologická minulost České republiky, Praha, 436 s.
- JUST, T a kol. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi, MŽP, Praha, 359
- KOL. AUTORŮ (2001): Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustávající rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (pracovní překlad) Vydal Odbor ochrany vod MŽP ČR, Praha. 96 s.
- KONVIČKA, M. a kol. (2002): Město a povodeň. ERA group, Brno, 219 s.
- KOS, J., MARŠÁKOVÁ, M. (1997): Chráněná území České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 247 s.
- KŘÍŽEK, M. (2007a): Údolní niva jako geomorfologický fenomén. In Povodně a změny v krajině, Langhammer, J. /editor/, KFGG Pff UK, 1. vydání, Praha, s. 217-230.
- KŘÍŽEK, M. (2007b): Prostorové uspořádání popovodňových korytových akumulací Sázavy. In Změny v krajině a povodňové riziko, Langhammer, J. /editor/, Pff UK, Ministerstvo životního prostředí, 1. vydání, Praha: Pff UK, s. 153-161.
- KŘÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2003): Geomorphological consequences of the 2002 Flood in the Otava River Drainage Basin. Acta Universitatis Carolinae- Geographica, 38, 2, s. 125-138.
- KŘÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2007): Geomorfologické projevy povodní- příkladová studie povodně 2002 v povodí Otavy. In Povodně a změny v krajině, Langhammer, J. /editor/, KFGG Pff UK, 1. vydání, Praha, s. 231-244.
- KŘÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2008): Vývoj povodňových akumulací na Volyňce od roku 2002. In Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní, Langhammer, J /editor/, Pff UK, Praha, s. 222-228.

LANDA, M. (2003): In Šumava: příroda, historie, život, Anděra, M. /editor/, Praha, 573-582 s.

LANGHAMMER, J. (2003): Analýza upravenosti říční sítě v povodí Otavy. In: Langhammer, J. (ed.) Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Praha: PřF UK, s. 156-177.

LANGHAMMER, J. (2004): Analýza vlivu antropogenních změn v krajině na průběh a následky extrémních povodní. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitas Ostraviensis, Geographia-Geologia, 216, 9, s. 97-116.

LANGHAMMER, J. (2006): HEM- Hydromorfologický monitoring. Metodika pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků, MŽP ČR, Praha, 21 s. Online: http://ochranavod.cz/07/04/HEM_metodika_fin_verze_19_4_07.pdf

LANGHAMMER, J. (2007): Úpravy toků a údolní nivy jako faktor ovlivňující průběh povodní. In Povodně a změny v krajině, Langhammer, J /editor/, Přf UK, Ministerstvo životního prostředí, Praha, s. 271-294.

LANGHAMMER, J. (2008): Využití hydromorfologického monitoringu pro analýzu vlivu upravenosti říční sítě na průběh a následky povodní. In Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní, Langhammer, J /editor/, Přf UK, Praha, s. 93-112.

LANGHAMMER, J. (2008): Mapování upravenosti toků, údolní nivy a následků povodní v povodí Opavy. In Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní, Langhammer, J /editor/, Přf UK, Praha, s. 194-213.

LANGHAMMER, J. (2009): HEM-F Metodika mapování upravenosti toků a následků povodní, Návod pro mapovatele. PřF UK, Praha 51 s.

LANGHAMMER, J. a kol. (2005): Metodika řešení analytických úloh projektu, Dlouhodobé změny poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami VaV SM/2/57/05. PřFUK, Praha, 32 s.

LANGHAMMER, J., KRŽÍŽEK, M. (2007): Mapování upravenosti říční sítě a následků povodní. In Povodně a změny v krajině, Langhammer, J. /editor/, KFGG Přf UK, 1. vydání, Praha, s. 169-186.

LANGHAMMER, J., VAJSKEBR, V. (2003): Vývoj říční sítě v povodí Otavy. In Zpráva z dílčí etapy řešení projektu Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. PřF UK, Praha

LANGHAMMER, J. VAJSKEBR, V. (2004): Historické změny říční sítě v povodí Otavy. In Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČR 205/Z052/03 pořádaného v Praze 12.2. 2004. Praha, 150-169 s.

LEHOTSKÝ, M. (2004): River Morphology Hierarchical Classification Framework. Acta Universitatis Carolinae, NO1, s. 33-34.

MATOUŠKOVÁ, M. (2007):Ekomorfologický monitoring vodních toků ve venkovské a urbanizované krajině. In Říční krajina 5. Sborník příspěvků z konference Olomouc 2007, Univerzita Palackého v Olomouci, PřFUK, Olomouc s. 197-204.

MATOUŠKOVÁ, M. (2008): Metoda ekomorfologického monitoringu vodních toků (EcoRivHab). In: Matoušková, M.: Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu Evropské směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze, GAČR, Praha

MATOUŠKOVÁ, M., ŠOBR, M. (2004):Upravenost hydrografické sítě a protipovodňová opatření v povodí Otavy. In Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČR 205/Z052/03 pořádaného v Praze 12.2. 2004. Praha, 170-184 s.

MC GINNITY, P., P. MILLS, M. MUELLER, W. ROCHE(2005): Water Framework Directive: A Desk Study to Determine a Methodology for the Monitoring of the 'Morphological Condition' of Irish Rivers for the Water Framework Directive (2002-W-DS-9-M1). Synthesis Report Environmental RTDI Programme 2000–2006 for the Environmental Protection Agency, Wexford, Ireland.Central Fisheries Board and Compass Informatics, 226 s.

NEKOVÁŘ, F. (1967): Některé zvláštnosti jihočeského klimatu. 2. část.České Budějovice, 43 s.

NOVÁK, L., IBLOVÁ, M., ŠKOPEK, V. (1986): Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Nakladatelství techn. Lit, Praha, 343 s.

PARSSON, M. (2000): Australian River Assessment System: Review of Physical River Assessment Methods — A Biological Perspective, Enviroment Australia, Canberra.

PEDERSEN, M. L., OVESEN, N. B., FRIBERG, N., CLAUSEN, B., LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. (2004): Hydromorphological assessment protokol for the Slovak republic. ANNEX 1. In: Establishment of the Protocol on Monitoring and Assessment of the Hydromorphological Elements. Twinning light Project No. TLP 01 – 29.

Povodí Vltavy (2003): Souhrná zpráva o povodni v srpnu 2002. Praha. Online. http://www.dibavod.cz/data/povodnove_zpravy/vltava/vltava_08_2002.pdf

Povodí Vltavy (2009): Souhrná zpráva o povodni v oblasti povodí horní Vltavy, Berounky a dolní Vltavy povoden červen-červenec 2009. Online.http://www.pvl.cz/files/Zprava_final.pdf

RAPLÍK,M.(1989):Úprava tokov. Bratislava, 639 s.

RAVEN, P. J., HOLMES, N. T. H., DAWSON, F. H., FOX, P. J. A., EVERARD, M.,

FOZZARD, I. R. and ROUEN, K. J. (1998). River Habitat Quality – the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man. Environment Agency, Bristol, UK.

- STRNAD, E. (2003): Podnebí Šumavy. In Šumava: příroda, historie, život, Anděra, M. /editor/, Praha, s. 35-44.
- ŠILHANOVÁ, V. (2009): Ekomorfologický průzkum vodních toků v chráněných oblastech. Diplomová práce. PřFUK v Praze, Praha, 111 s.
- ŠINDLAR, M. (2007): Metodika monitoringu a vyhodnocení aktuálního stavu hydromorfologie vodních toků včetně návrhů opatření k dosažení dobrého hydromorfologického stavu vod.
- ŠÍPEK, V., MATOUŠKOVÁ M., DVOŘÁK, M (2009): Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods. Environmental monitoring and assessment, 10.1007/s10661-009-1172-6.
- ŠONKA, J. (2004): Historické povodně Šumavy a poškození lesů. In Aktuality šumavského výzkumu II. Srní 4. – 7. října 2004, 37 – 43 s.
- ŠTEKL, J., BRÁZDIL, R., KAKOS, V., JEŽ, J., TOLASZ, R., SOKOL, Z. (2001): Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879-2000 a jejich synoptické příčiny. Národní klimatický program České republiky, sv. 31, Praha, 140 s.
- ŠVEC, R., NEKOVÁŘ, F., VOJTĚCH, S. (1967): Zeměpisný obraz Jihočeského kraje: přírodní poměry. České Budějovice, 123 s.
- TLAPÁK, V., HERYNEK, J. (2001): Malé vodní nádrže. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 198 s.
- TOMÁŠEK, M. (2003): Půdy České republiky. Praha, 67 s.
- VILÍMEK, V., HLAVÁČ, V., ŠERCL, P. (2007): Povodeň na Olešenském potoce ve vztahu k ochraně přírody. In Povodně a změny v krajině, Langhammer, J /editor/, PřF UK, Ministerstvo životního prostředí, Praha, s. 295-306.
- VLASÁK, T. (2003): Overview and Classification of Historical Floods in the Otava River Basin. Acta Universitatis Carolinae - Geographica, 2, s. 49-64.
- VRÁNA, K. (ed.) 2004: Revitalizace malých vodních toků - součást péče o krajinu. Praha, 60 s.
- VÚV TGM (2008): Bilaterální projekt Dyje-Thaya Posouzení ekologického stavu a vypracování návrhů opatření pro ochranu nebo zlepšení ekologického stavu vod. VÚV TGM Brno. (online) <http://www.vuv.cz/projekt-dyjetahaya>
- VÚV TGM (2009): Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích.
- VÚV TGM Praha. (online) http://www.sfdi.cz/CZ/pdf/2009_tp_204.pdf
- ZÁLOHA, J. (1972): Šumava od A do Z. České Budějovice, 214 s.

<http://www.chmi.cz/>

<http://www.kraj-jihocesky.cz>

<http://www.lesagencesdeleau.fr>

<http://www.nsumava.cz>

<http://www.pvl.cz/index.html>

<http://www.woodinriver.eu>

Seznam obrázků

- Obr. 1 Dělení toku na úseky.
- Obr. 2 Příklad údolí tvaru V na Medvědí potoce.
- Obr. 3 Příklad divočího toku na horním úseku Volyňky, patrně vznikl po povodni 2002, viditelný hrubozrný substrát.
- Obr. 4 Příklad zákrutu v horní části povodí Volyňky.
- Obr. 5 Příklad přirozeně přímého úseku na toku Spůlka.
- Obr. 6 Příklad napřímeného toku na zemědělské ploše v povodí Blanice.
- Obr. 7 Příklad skluzu na toku Spůlka.
- Obr. 8 Příklad jezu s rybím přechodem v Bohumilicích.
- Obr. 9 Příklad propustku.
- Obr. 10 Příklad vysoké variability hloubek na Pravětínském potoce.
- Obr. 11 Příklad ostrova na Spůlce, tvořen hrubší frakcí, porostlý vegetací.
- Obr. 12 Příklad kamenů v korytě, Pravětínský potok.
- Obr. 13 Příklad shluku větví v korytě, na horním toku Volyňky se často vyskytoval.
- Obr. 14 Příklad gabionu.
- Obr. 15 Příklad kamenného pohození na Volyňce, velká část koryta je takto upravována.
- Obr. 16 Příklad přirozeného lesa.
- Obr. 17 Příklad pastviny při toku Spůlka.
- Obr. 18 Příklad roztroušené zástavby na Volyňce.
- Obr. 19 Příklad nově vybudovaného protipovodňového valu u Čkyně.
- Obr. 20 Příklad stavby vedené paralelně s korytem.
- Obr. 21 Příklad povodňové značky.
- Obr. 22 Příklad hlubokého rozlivu v příbřežní zóně, na plotu jsou patrné náplavy s výškou nad 1 m.
- Obr. 23 Příklad rozsáhlé korytové akumulace.
- Obr. 24 Příklad destrukce/poškození mostu.
- Obr. 25 Příklad rozsáhlé břehové nátrže.
- Obr. 26 Příklad potenciální překážky v proudění, nevhodně dimenzovaný most
- Obr. 27 Příklad nevhodného umístění budovy v inundačním území.
- Obr. 28 Jez v Bohumilicích, na levé straně je protipovodňová stěna, chrání průmyslovou oblast, během povodně následkem akcelerace proudění došlo k destrukci stěny a zaplavení průmyslové oblasti.
- Obr. 29 Úprava koryta a dna, zpevnění kamenným pohozením, během povodně dochází k urychlení povodňové vlny.
- Obr. 30 Příklad korytové akumulace (ostrov) na toku Spůlka.
- Obr. 31 Příklad korytové akumulace na toku Spůlka.
- Obr. 32 Příklad břehové nátrže.

- Obr. 33 Vymezení povodí Volyňky
- Obr. 34 Geologické poměry
- Obr. 35 Pohled na Medvědí potok (pramenná oblast Volyňky) protékající údolím tvaru V.
- Obr. 36 Údolní niva ve střední části Volyňky.
- Obr. 37 Geomorfologické členění reliéfu
- Obr. 38 Výškové poměry.
- Obr. 39 Sklonitost.
- Obr. 40 Světlohorská nádrž.
- Obr. 41 Pravětínský potok.
- Obr. 42 Vodoměrná stanice v Sudslavicích.
- Obr. 43 Hydrografie povodí.
- Obr. 44 Výskyt půdních typů.
- Obr. 45 Procentuální zastoupení jednotlivých ploch.
- Obr. 46 Land cover.
- Obr. 47 Povodeň 2002 u Sudslavické lípy.
- Obr. 48 Nové (2002) fluviální akumulace v povodí Opavy
- Obr. 49 Schematické zobrazení východní cyklonální situace (Ec).
- Obr. 50 Radarový snímek z 23. 6. 2009, 6ti hodinové srážky.
- Obr. 51 Radarový snímek z 23. 6. 2009, 6ti hodinové srážky.
- Obr. 52 Vimperk, průběh hodinových úhrnů srážek (mm)
- Obr. 53 Vodní stav v Bohumilicích, červenec 2009.
- Obr. 54 Průtoky v Bohumilicích, červenec 2009.
- Obr. 55 Nevhodně situovaný dům u Sudslavic.
- Obr. 56 Terénní mapování.
- Obr. 57 Úprava koryta Volyňky ve Vimperku.
- Obr. 58 Rozložení hodnot indexu upravenosti toků ITE v povodí Volyňky.
- Obr. 59 Úsek se starou kamennou dlažbou na horním úseku Volyňky.
- Obr. 60 Příklad zkapacitněného koryta na toku Volyňka u Sudslavic.
- Obr. 61 Kritické úseky: úpravy omezující využití retenčního potenciálu nivy.
- Obr. 62 Kritické úseky: Potenciální překážky proudění v korytě a v údolní nivě.
- Obr. 63 Příklad propustku na Jilmovém potoce.
- Obr. 64 Kritické úseky: nevhodná struktura upravenosti trasy toku.
- Obr. 65 Výsledky typologie následků povodně 2009 v povodí Volyňka.í
- Obr. 66 Výsledky typologie následků povodně 2009 na toku Volyňka.
- Obr. 67 Příklad opatření v úseku Bohumilic.
- Obr. 68 Příklad opatření ve Čkyni.
- Obr. 69 Nově vytvořený propustek.
- Obr. 70 Nově vytvořené koryto na Pravětínském potoce.

- Obr. 71 Nevhodně dimenzovaný most na Pravětínském potoce vytvořený propustky, voda si vytvořila nové koryto.
- Obr. 72 Příklad roztroušené zástavby.
- Obr. 73 Kritický úsek pod Vimperkem.
- Obr. 74 Příklad protipovodňového valu na soukromém pozemku ve Lčovicích.
- Obr. 75 Protipovodňový val v obci Lčovice.
- Obr. 76 Úprava koryta a břehu po povodni 2009.
- Obr. 77 Zkapacitněné koryto a břehy upravené kamenným pohozem.
- Obr. 78 Průběh povodně 2009, poničená komunikace.
- Obr. 79 Průběh povodně 2009, naakumulovaný materiál u mostu.
- Obr. 80 Průběh povodně 2009 u ČOV, jeden z kritických úseků.
- Obr. 81 Průběh povodně 2009, most v Bohumilicích.
- Obr. 82 Následky po povodni 2009, příklad rozsáhlé nátrže.
- Obr. 83 Příklad poškození regulace po povodni 2009 ve Vimperku.
- Obr. 84 Rozsáhlá akumulace v korytě po povodni 2009.
- Obr. 85 Písečné akumulace v údolní nivě, úsek za Čkyní.
- Obr. 86 Příklad úseku opraveného po povodni 2002, násep železnice se nachází zákrutu
- Obr. 87 Stavba nové protipovodňové hráze ve Vimperku.

Seznam tabulek

- Tab. 1 Skórování dílčích indexů upravenosti toku a nivy
- Tab. 2 Kritéria pro identifikaci kritických úseků
- Tab. 3 Klimatické charakteristiky
- Tab. 4 Charakteristiky vodoměrných stanic
- Tab. 5. Přírodní rezervace a přírodní památky
- Tab. 6 Jednotlivé události v roce 1890 na Vimpersku
- Tab. 7 Seznam udělených grantů EU
- Tab. 8 Opravy regulací provedené povodím Vltavy
- Tab. 9 Opravy povodňových škod provedené povodím Vltavy
- Tab. 10 Vodoměrné stanice v povodí Volyňky
- Tab. 11 Vimperk SPA
- Tab. 12 Přehled škod v obcích v povodí Volyňky
- Tab. 13 Délka úseků
- Tab. 14 Index upravenosti toku
- Tab. 15 Nejhorší úseky v povodí Volyňky
- Tab. 16 Úseky s úpravami omezující využití retenčního potenciálu nivy
- Tab. 17 Úseky s nevhodnou strukturou upravenosti trasy toku
- Tab. 18 Metodiky používané v evropských státech

Přílohy

Tab. 18 Metodiky používané v evropských státech

Název metodiky	Země	Odkaz
Eco-morphological classification of channels according to WERTH ('Ökomorphologische Gewässerbewertung nach WERTH')	Rakousko	WERTH, W. [1987]: Ökomorphologische Gewässerbewertung in Oberösterreich (Gewässerzustandkartierungen). Eco-morphological classification of channels in Upper Austria. In: Oesterreichische Wasserwirtschaft 39 (5/6). Wien (Springer): 121-128.
Inventory of Hydromorphology and Land-Use - River's Atlas Tyrol	Rakousko	AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABT. WASSERWIRTSCHAFT [1996a]: Fließgewässeratlas Tirol - Bachmorphologische und nutzungsorientierte Inventarisierung. Bezirk Kufstein.
NÖMORPH	Rakousko	FREILAND UMWELTCONSULTING [2001a]: NÖMORPH. Strukturkartierung ausgewählter Fließgewässer in Niederösterreich. Endbericht - Teil I: Methodik. (unpublished)
Assessment of river stretches with high or good habitat quality in Austria ('Ausweisung flußtypspezifisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich')	Rakousko	MUHAR, S.; SCHWARZ, M.; SCHMUTZ, S.; JUNGWIRTH, M. [2000]: Identification of rivers with high and good habitat quality: methodological approach and applications in Austria. In: JUNGWIRTH; MUHAR; SCHMUTZ (eds.): Assessing the Ecological Integrity of Running Waters, Hydrobiologia 422/423: 343-358.
Ecological method for inventory and assessment of watercourse structures ('Strukturökologische Methode zur Bestandsaufnahme und Bewertung von Fließgewässern')	Rakousko	SPIEGLER, A.; GODINA; GRASS; IMHOFF; KATZMANN; NACHTNEBEL; OHNMACHT; PELIKAN; SABATA [1989]: Strukturökologische Methode zur Bestandsaufnahme und Bewertung von Fließgewässern. Planungen und Untersuchungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster. Wien.
Riverstructures Recording - Assessing - Representing ('Gewässerstrukturen Erfassen - Bewerten - Darstellen GEBD')	Rakousko	BUHMANN, D.; HUTTER, G. [1996]: Fließgewässer in Vorarlberg. Gewässerstrukturen Erfassen - Bewerten - Darstellen. Ein Konzept. Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 33.
Structural Evaluation of Watercourses	Belgie	SCHNEIDERS, A.; VERHAERT, E.; BLUST, G.D.; WILS, C.; NERVOETS, L.; VERHEYEN, R. [1993]: Towards an ecological assessment of watercourses. Journal of Aquatic Ecosystem Health 2: 29-38.
National Physical Habitat Index	Dánsko	
Quick assessment of the overall physical quality of streams as part of the DSFI sampling	Dánsko	DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [1998]: Biological Assessment of Biological Stream Quality. Environmental Guidelines No. 5. Copenhagen. (in Danish)
Aarhus Index	Dánsko	KAARUP, P. [1999]: Indeks for fysisk variation i vandløb. Vand og Jord nr. 6. (In Danish)
Characterisation of the physical stream conditions within the Extended Biology Program ('Udvidet biologisk program')	Dánsko	SKRIVER, J.; RIIS, T.; CARL, J.; BAATTRUP-PEDERSEN, A.; FRIBERG, N.; ERNST, M.E.; FRANDSEN, S.B.; SODE, A.; WIBERG-LARSEN, P. [1999]: Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NOVA 2003. Afdeling for Vandløbsøkologi og Afdeling for Sø- og Fjordøkologi. (In Danish)

Water Discharge Measurements	Estonsko	REIHAN, A.; KOVALENKO, O. [2001]: Experience of an application of the HBV model for runoff computation in Estonia. Proceedings of the Symposium dedicated to the 40th Anniversary of Institute of Environmental Engineering at Tallinn Technical University, Estonia, Tallinn, 24-26 September. Tallinn: 126-134.
QUALPHY: Hydromorphological Assessment Tool in the Rhine-Meuse-Basin	Francie	DEMORTIER, G.; GOETGHEBEUR, P. [1996]: Outil d'évaluation de la qualité du milieu physique des cours d'eau - Synthèse. Angers (Agence de l'Eau Rhin-Meuse).
Physical S.E.Q. ('Système d'Evaluation de la Qualité') - Version 0'	Francie	AGENCES DE L'EAU [1998]: SEQ Physique. A system for the Evaluation of the Physical Quality of watercourses. Version 0. Angers, November 1998.
Stream Habitat Survey - method for small and medium size waters in Germany ('Gewässerstrukturgütekartierung')	Německo	LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (ed.) [2000]: Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer - Empfehlung. Berling (Kulturbuch-Verlag). (with English abstracts)
River Habitat Survey (RHS)	Irsko, Slovinsko, Velká Británie	RAVEN, P.J.; FOX, P.; EVERARD, M.; HOLMES, N.T.H.; DAWSON, F.H. [1997]: River Habitat Survey: a new system for classifying rivers according to their habitat quality. In: BOON, P.J.; HOWELL, D.L. (eds.): Freshwater quality: defining the indefinable? Edinburgh (The Stationary Office): 215-234.
River Habitat Survey (RHS)	Itálie	BUFFAGNI, A.; KEMP, J.L. [2002]: Looking beyond the shores of the United Kingdom: addenda for the application of River Habitat Survey in Southern European rivers. J. Limnol. 61 (2): 199- 214.
Buffer Strip Index (B.S.I.) and Wild State Index (W.S.I.)	Itálie	BRAIONI, M.G.; DE FRANCESCHI, P.; BRAIONI, A.; CAMPEOL, G.; CALOI, S.; GRANDIS, N.; PONTIROLI, A.; RAVANELLO, P. [2001]: New environmental indices for assessing bank quality in the restoration and the sustainable management of a river: the method. Ecohydrology & Hydrobiology 1 (1-2): 133-154.
Index of Fluvial Functioning (IFF)	Itálie	SILIGARDI, M; BERNABEI, S.; CAPPELETTI, C.; CHIERICI, E.; CIUTTI, F.; EGADDI, F.; FRANCESCHINI, A.; MAIOLINI, B.; MANCINI, L.; MINCIARDI, M.R.; MONAUNI, C.; ROSSI, G.L.; SANSONI, G.; SPAGGIARI, R.; ZANETTI, M. [2002]: I.F.F. Indice di funzionalità fluviale. Manuale ANPA/2000
Inventory of Watercourses in Liechtenstein ('Fließgewässerinventar Liechtenstein')	Lichtenštejsko	BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) [1998]: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz 27.
Methods for Investigation and Assessment of running waters in Switzerland (modular stepwise procedure): Ecomorphology (level F: exhaustive)	Švýcarsko	BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) [1998]: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz 27.

Zdroje: Birk, 2003



Obr. 78 Průběh povodně 2009, poničená komunikace. Foto: Kotál 2009



Obr. 79 Průběh povodně 2009, naakumulovaný materiál u mostu. Foto: Kotál 2009



Obr. 80 Průběh povodně 2009 u ČOV, jeden z kritických úseků. Foto: Kotál, 2009



Obr. 81 Průběh povodně 2009, most v Bohumilicích. Foto: Kotál, 2009



Obr. 82 Následky po povodni 2009, příklad rozsáhlé nátrže. Foto: Z. Rettichová, 2009



Obr. 83 Příklad poškození regulace po povodni 2009 ve Vimperku. Foto: Z. Rettichová, 2009



Obr. 84 Rozsáhlá akumulace v korytě po povodni 2009. Foto: Z. Rettichová, 2009



Obr. 85 Písčité akumulace v údolní nivě, úsek za Čkyní. Foto: Z. Rettichová, 2009



Obr. 86 Příklad úseku opraveného po povodni 2002, násep železnice se nachází v zákrutu Volyňky. Foto: Z. Rettichová, 2010



Obr. 87 Stavba nové protipovodňové hráze ve Vimperku. Foto: Z. Rettichová, 2010