

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Bc. Jana Marková

Proměnlivost rozmístění akumulčních a erozních tvarů uvnitř koryta
v závislosti na výskytu překážek a jeho průběhu na různě velkých
tocích

*Spatial distribution of erosion and accumulation landforms within the river
channel depending on the channel course and barriers for various large river*

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Marek Křížek, Ph.D.

Praha 2016

Zadání diplomové práce

Jana Marková

Téma práce

Proměnlivost rozmístění akumulčních a erozních tvarů uvnitř koryta v závislosti na průběhu koryta a výskytu překážek v korytě na různě velkých tocích.

Cíle práce

Cílem práce je popsat zákonitosti v distribuci korytových lavic a břehových nátrží a určit, zda se tyto zákonitosti mění dle velikosti toku či jsou univerzální.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Použité pracovní metody/postup: rešerše odborné literatury, terénní mapování, morfometrická měření, GIS analýzy, popisná statistika, korelace, analýza rozptylu, PCA analýza, t-test, F-test.

1. krok: rešerše k danému tématu
2. krok: vybrat vhodné vodní toky, tj. najít klasifikační pravidlo vodních toků podle velikosti a z každé třídy vybrat vhodného reprezentanta;
3. krok: definovat vhodné vybrané úseky na tocích;
4. krok: zmapovat rozmístění korytových (akumulací) lavic a břehových nátrží a stanovit u nich morfometrické charakteristiky (viz bakalářská práce) včetně stanovení jejich pozice vzhledem k poloze a průběhu zákrutů a překážek v korytě (tj. k vychýlení proudnice);
5. krok: definovat závislost rozšíření studovaných tvarů vzhledem k poloze a průběhu zákrutů a překážek v korytě (tj. k vychýlení proudnice) pro jednotlivé toky;
6. krok: určit společné zákonitosti a snažit se vysvětlit případné rozdíly v zákonitostech mezi různě velkými toky;
7. krok: ověření a konfrontace poznatků z terénního výzkumu s literaturou.

Zájmové území: vybrané vodní toky

Datové zdroje: informační zdroje, vlastní mapování

Datum zadání:

Jana Marková

RNDr. Marek Křížek, Ph.D.

Podpis studenta

Podpis vedoucího práce

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně pod vedením RNDr. Marka Křížka, Ph.D., a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

vlastnoruční podpis autora

Zde bych ráda poděkovala vedoucímu práce, RNDr. Marku Křížkovi, Ph.D., za vedení, připomínky a rady při zpracování této diplomové práce. Rovněž velké poděkování patří mým rodičům, kteří mě podporovali během celé doby studia a pomáhali mi se závěrečnou korekcí práce. Zejména děkuji svému otci za pomoc při náročném terénním mapování. Dále bych také ráda poděkovala svému příteli a dalším kamarádům za pomoc a podporu během zpracování vlastní diplomové práce i celého studia.

OBSAH

1. ABSTRAKT	16
2. ÚVOD	18
3. FLUVIÁLNÍ FORMY V KORYTĚ	19
3.1. Podmínky vzniku fluviálních forem v korytě	19
a) typy proudění.....	19
b) erozní činnost tekoucí vody.....	19
c) sedimentace	20
d) hydrodynamika toku v okolí překážek	21
e) hydrodynamika toku v zákrutech a mezi nimi	27
3.2. Dělení fluviálních forem.....	29
3.2.1. Akumulační fluviální formy	29
3.2.2. Erozní fluviální formy	31
3.3. Vliv překážek a dalších objektů na rozmístění fluviálních forem v korytě	31
3.3.1. Přírodní překážky v korytě	31
3.3.1.1. Vegetace v korytě a při březích vodních toků	31
3.3.1.2. Dřevní hmota (<i>woody debris</i>).....	32
3.3.2. Antropogenní překážky v korytě.....	35
3.3.2.1. Jezy	36
3.3.2.2. Nevhodně dimenzované mosty, mostní pilíře v korytě	40
3.3.2.3. Propustky.....	40
4. FG CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍ.....	41
4.1. Sázava.....	41
4.1.1. Poloha zájmového území	41
4.1.2. Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území.....	43
4.1.3. Klimatická a hydrologická charakteristika území	47
4.1.4. Biogeografická charakteristika území	49
4.2. Litavka	50
4.2.1. Poloha zájmového území	50

4.2.2.	Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území	52
4.2.3.	Klimatická a hydrologická charakteristika území	56
4.2.4.	Biogeografická charakteristika území	58
4.3.	Kocába.....	59
4.3.1.	Poloha zájmového území.....	59
4.3.2.	Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území	61
4.3.3.	Klimatická a hydrologická charakteristika území	63
4.3.4.	Biogeografická charakteristika území	65
4.4.	Loděnice (Kačák).....	66
4.4.1.	Poloha zájmového území.....	66
4.4.2.	Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území	68
4.4.3.	Klimatická a hydrologická charakteristika území	71
4.4.4.	Biogeografická charakteristika území	73
5.	POUŽITÉ METODY PRÁCE	74
5.1.	Mapování.....	74
5.2.	Vyhodnocení dat získaných mapováním	80
5.2.1.	Polohové a morfometrické charakteristiky mapovaných objektů.....	80
5.2.2.	Mapování za pomoci leteckých měřičských snímků	81
5.3.	Analýza a statistické vyhodnocení dat	81
5.3.1.	Popisná statistika	81
5.3.2.	Korelace.....	82
5.3.3.	Analýza rozptylu (ANOVA – <i>Analysis of Variance</i>)	82
5.3.4.	Chí kvadrát (test dobré shody).....	83
6.	VÝSLEDKY	84
6.1.	Porovnání charakteristik toků	84
6.2.	Závislost rozšíření studovaných tvarů vzhledem k poloze zákrutů, překážek v korytě a pozici v korytě.....	86
6.2.1.	Fluviální formy Sázavy	86
6.2.1.1.	Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumulčních forem.....	87

6.2.2.	Fluviální formy Litavky	95
6.2.2.1.	Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumulčních forem.....	97
6.2.2.2.	Vazby polohových a morfometrických charakteristik erozních forem	104
6.2.3.	Fluviální formy Kocáby	107
6.2.3.1.	Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumulčních forem.....	110
6.2.3.2.	Vazby polohových a morfometrických charakteristik erozních forem	116
6.2.4.	Fluviální formy Loděnice.....	119
6.2.4.1.	Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumulčních forem.....	122
6.2.4.2.	Vazby polohových a morfometrických charakteristik erozních forem	128
6.3.	Rozdíly v rozmístění studovaných forem a jejich morfometrických znaků mezi vodními toky.....	132
6.3.1.	Akumulční fluvialní formy	132
6.3.2.	Erozní fluvialní formy	135
7.	DISKUZE.....	139
7.1.	Rozdíly ve velikostech toků, akumulčních a erozních forem	139
7.2.	Závislost rozšíření studovaných tvarů vzhledem k poloze a průběhu zákrutů a překážek v korytě.....	139
7.2.1.	Akumulční fluvialní formy	139
7.2.2.	Erozní fluvialní formy	144
7.2.3.	Vazba břehových nátrží a korytových akumulací	146
8.	ZÁVĚR.....	147
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	149
10.	PŘÍLOHY	154

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Hjulströmův diagram znázorňující vztah mezi velikostí částic a rychlostí proudění, která je potřebná pro erozi, transport a sedimentaci (dle Charlton, 2007, upraveno).....	20
Obr. 2: Struktura proudění a vymílání dna u vertikálních, příčných, šikmo uložených a stupňovitých překážek (dle Buffington et al., 2002, upraveno).....	21
Obr. 3: Schéma hydraulického poklesu, hydraulického vzduť a související změny Froudova čísla (Fr) pod jezem (dle Charlton, 2007, upraveno).....	23

Obr. 4: Charakter proudění v okolí válcového pilíře (dle Hamill, 1999, upraveno).	24
Obr. 5: Charakter proudění v okolí mostní opěry (dle Balvín, Gabriel et al., 2009, upraveno).	25
Obr. 6: Schéma průběhu proudnic obtékající překážky na dně toku, kdy za překážkou vzniká zóna s pomalu cirkulující vodou (dle Charlton, 2007 (a); Morisawa, 1985 in Charlton, 2007 (b), upraveno).	25
Obr. 7: Zával dřevní hmoty na čele korytové akumulace s tůň a navazující korytovou akumulací (dle Abbe a Montgomery, 2003, upraveno).	26
Obr. 8: Schéma proudění v korytě se zachycením cirkulačních buněk v profilech, uspořádáním sekundárních proudů ve vrcholech zákrutů a v rovnějších úsecích mezi zákruty, A - starší cirkulační buňka, B – nová cirkulační buňka, která se postupně rozrůstá pod původní před dosažením dalšího zákrutu (dle Knighton, 1984, upraveno).	27
Obr. 9: Příklad mírně vlnícího se toku. Rozmístění jednotlivých fluvialních forem v půdorysu, kde při vnější straně zákrutu jsou tůně, „zubatá“ čára jsou břehové nátrže a šipky znázorňují průběh proudnice (dle Ferguson, 1993 in Robert, 2003, upraveno).	28
Obr. 10: Typy korytových akumulací (dle Charlton, 2007, upraveno).	29
Obr. 11: Schéma zachycující polohy kmenem vynucených stupňů a vývaříšť v podélném profilu (dle Keller a Swanson, 1979, upraveno).	35
Obr. 12: Sedimentace kolem mrtvého dřeva vyvolaná jeho větvemi či kořenovým balem (1), Sedimentace vyvolaná laterálním uložením kmenu u břehu (2) (dle Roštínský et al., 2010, upraveno).	35
Obr. 13: Konceptuální model vývoje podélného profilu toku nad a pod jezem. Šedé části značí změnu, která probíhá v rámci daného kroku, zatímco černé části představují prvky vytvořené již dříve. (Krok 1: Situace před výstavbou jezu, krok 2: stavba jezu a formování počátečního vzdutí, krok 3: transport sedimentu do oblasti vzdutí a jeho akumulace před jezem, krok 4: formování náplavu před jezem, počáteční transport dnového sedimentu přes jez, krok 5. transport sedimentu přes jez, dočasná akumulace sedimentu před jezem a ukládání transportovaného sedimentu pod jezem v podobě středokorytové akumulace)(dle Pearson a Pizzuto, 2015, upraveno).	39
Obr. 14: Lokalizace Sázavy v rámci ČR a vyznačení mapovaných úseků Sázavy (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).	41
Obr. 15: Povodí Sázavy - úseky analýzy ortofoto snímků a terénního mapování.	42
Obr. 16: Schéma rozmístění říčních teras v okolí zájmového úseku Světlá nad Sázavou - Zruč nad Sázavou (dle Balatky a Kalvody, 2010, upraveno).	43
Obr. 17: Zalesněná krajina v oblasti Stvořidel (vlevo) a širší údolí s lesy a zemědělskými plochami mezi Stvořidly a Světlou nad Sázavou (vpravo) (21. 8. 2015).	45
Obr. 18: Podélný profil hladiny Sázavy s výrazným sklonem mezi Světlou a Ledčem nad Sázavou (dle Balatky a Kalvody, 2010).	45
Obr. 19: Sklonitost v okolí mapovaného úseku mezi Ledčem nad Sázavou a Světlou nad Sázavou.	46
Obr. 20: Půdní typy a jednotky v zájmovém úseku Sázavy (Zdroj: ČGS, 2016a, Půdní mapa ČR 1:50 000, Pozn.: Obrázek je tvořen kombinací půdních map dostupných online přes ČGS (2016a) a oskenovaných Půdních map ČR 1:50 000, v bílých místech na mapě nebyla data k dispozici).	47
Obr. 21: Lokalizace Litavky v rámci ČR a vyznačení mapovaného úseku Litavky (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).	50
Obr. 22: Povodí Litavky a úsek terénního mapování.	51
Obr. 23: Vlevo - sevřenější údolí u Dominikálních Pasek - Litavka zde má charakter přírodě blízkého koryta s náznaky divočení, vpravo – pohled na širokou nivu v okolí jezu u Pičínského mlýna (Just, 2015).	53
Obr. 24: Sklonitost v okolí mapovaného úseku mezi Trhovými Dušňíky a Čeňkovem.	54
Obr. 25: Ukázky středního úseku Litavky s přirozenou meandrací - v této části je typický výskyt dlouhých a vysokých břehových nátrží a dalších zajímavých fluvialně morfologických forem (Just, 2015).	55
Obr. 26: Schéma upravenosti úseků v horním povodí Litavky, ve kterém se nachází i zájmový úsek Trhové Dušňíky - Čeňkov (Taufmannová a Langhammer, 2008).	55
Obr. 27: Půdní typy v zájmovém úseku Litavky (Zdroj: ČGS, 2016a).	56

Obr. 28: Lokalizace Kocáby v rámci ČR a vyznačení mapovaných úseků Kocáby (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).	59
Obr. 29: Povodí Kocáby a úseky terénního mapování.	60
Obr. 30: Širší údolí u Malé Lečice (vlevo) a charakter toku v dolní části u ústí Královky, kde při pravém břehu dosahuje údolní svah až k toku (vpravo)(2. 7. 2015).	62
Obr. 31: Sklonitost v okolí zájmového úseku mezi Malou Lečicí a ústím Královky.	62
Obr. 32: Půdní typy v zájmovém úseku Kocáby (Zdroj: ČGS, 2016a).	63
Obr. 33: Lokalizace Loděnice v rámci ČR a vyznačení mapovaného úseku Loděnice (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).	66
Obr. 34: Povodí Loděnice a úsek terénního mapování.	67
Obr. 35: Loděnice v úseku Hostim - ústí do Berounky (vlevo) a v úseku Hostim - Svatý Jan pod Skalou (vpravo) (29. – 30. 7. 2015).	69
Obr. 36: Sklonitost v zájmovém úseku Loděnice mezi Svatým Janem pod Skalou a ústím do Berounky.	70
Obr. 37: Půdní jednotky v zájmovém úseku Loděnice (Zdroj: Půdní mapa ČR 1:50 000).	71
Obr. 38: Schéma hodnocení polohy objektu v korytě (dle Křížek, 2008b, upraveno).	76
Obr. 39: Počínající fáze vývoje pulsujícího systému (vlevo) a pokročilá fáze pulsujícího systému (vpravo).	79
Obr. 40: Kamenné opevnění části dna a břehů, zde příklad z Loděnice v úseku Hostim - Svatý Jan pod Skalou.	79
Obr. 41: Kamenná zeď zpevněná betonem na konci úseku Kocáby u ústí Královky.	79
Obr. 42: Stupeň v korytě na začátku úseku Stvořidla (vlevo) a korytová akumulace s vegetačním porostem v úseku Stvořidel (vpravo) (21. 8. 2015).	86
Obr. 43: Korytová akumulace (vlevo) a překážka v korytě - kmen (vpravo) v úseku Stvořidla (21. 8. 2015).	86
Obr. 44: Jez u Smrčné (vlevo) a korytová akumulace u Dolní Březinky (vpravo) (21.8.2015).	87
Obr. 45: Souvislost mezi pozicí korytových akumulací uvnitř koryta s jejich polohou vzhledem k zákrutům, medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. - max.	88
Obr. 46: Jezy a korytové akumulace v úseku Ledec nad Sázavou - Zruč nad Sázavou. Pozn.: Bílá šipka ukazuje směr toku a červená šipka poukazuje na umístění korytové akumulace. Letecké měřičské snímky ČÚZK (2015).	90
Obr. 47: Jezy a korytové akumulace v úseku Ledec nad Sázavou - Zruč nad Sázavou. Pozn.: Bílá šipka ukazuje směr toku a červená šipka poukazuje na umístění korytové akumulace. Letecké měřičské snímky ČÚZK (2015).	91
Obr. 48: Typy korytových akumulací a jejich poloha vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max, 1 – podélné korytové akumulace, 8 – nezařazené korytové akumulace.	93
Obr. 49: Typ vegetačního pokryvu korytových akumulací a poloha vzhledem k zákrutům na Sázavě. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max., 0 – bez vegetace, 1 – travní porost, 2 – s keři případně stromy.	93
Obr. 50: Zastoupení korytových akumulací s různou gradací dle způsobu vzniku.	94
Obr. 51: Zastoupení materiálu u jednotlivých typů korytových akumulací.	94
Obr. 52: Hustota korytových akumulací v úseku mezi Ledcem nad Sázavou a Světlou nad Sázavou. Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet korytových akumulací na 1 km ² , rádius je 500 m.	95
Obr. 53: Břehová nátrž a jesešní korytová akumulace u Bílé Hutě mezi Dominikálními Pasekami a Čenkovem (vlevo) a stupeň vytvořený z klád poblíž Medalova mlýna (vpravo) (27. 3. 2015).	96
Obr. 54: Poškozený jez u Medalova mlýna (vlevo) a břehová nátrž s erozně odříznutou částí břehu a korytovou akumulací u Dominikálních Pasek (vpravo)(10. – 11. 4. 2015).	96
Obr. 55: Jez u Pičínského mlýna s velkou korytovou akumulací pod ním (vlevo) a dlouhá břehová nátrž u Pičínského mlýna (vpravo) (11. 4. 2015).	96
Obr. 56: Dlouhé břehové nátrže v morfologicky pestrém úseku toku poblíž Valchy (11. 4. 2015).	97
Obr. 57: Výsepní břehová nátrž s protilehlou jesešní akumulací (vlevo) a rozvětvené koryto s erozně odříznutou částí břehu a břehovou nátrží (vpravo) mezi Valchou a Drátovnou u Trhových Dušníků (19. 4. 2015).	97
Obr. 58: Erozně odříznutá část břehu s korytovou akumulací (vlevo) a výrazná jesešní korytová akumulace (vpravo) poblíž Drátovny u Trhových Dušníků (19. 4. 2015).	97

Obr. 59: Souvislost mezi pozicí korytových akumulací uvnitř koryta a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max.....	98
Obr. 60: Četnost korytových akumulací dle materiálu v jednotlivých částech příčného profilu koryta.....	101
Obr. 61: Typy korytových akumulací ve vztahu k poloze před a za zákrutem u Litavky. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max.	101
Obr. 62: Typ vegetačního pokryvu korytových akumulací a poloha vzhledem k zákrutům na Litavce. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max., 0 – bez vegetace, 1 – travní porost, 2 – s keři případně stromy.	102
Obr. 63: Zastoupení vegetačního pokryvu dle materiálu korytových akumulací.	103
Obr. 64: Zastoupení korytových akumulací s různou gradací dle způsobu vzniku.	103
Obr. 65: Zastoupení materiálu u jednotlivých typů korytových akumulací.	103
Obr. 66: Hustota břehových nátrží a korytových akumulací v úseku mezi Trhovými Dušníky a Čeňkovem. Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet břehových nátrží/korytových akumulací na 1 km ² , rádius je 500 m.	106
Obr. 67: Pohled na začátek souvislé úpravy Kocáby od ústí Královky k ústí Kocáby do Vltavy (vlevo) a začátek úseku mapování, kde je koryto místy zpevněno kameny cca 100 m (vpravo) (3. 7. 2015).	107
Obr. 68: Korytová akumulace s travním porostem (vlevo) a korytová akumulace bez vegetačního porostu (vpravo) (3. 7. 2015).	108
Obr. 69: Zával dřevní hmoty a dalšího materiálu napříč celým korytem (vlevo) a postranní korytová akumulace (vpravo) (3. 7. 2015).....	108
Obr. 70: Břehová nátrž a jesešní korytová akumulace (vlevo) a závaly dřevní hmoty s jesešní korytovou akumulací (vpravo) (1. 7. 2015).	108
Obr. 71: Ukázka pestrého koryta rozčleněného zbytky kmenů v korytě s korytovými akumulacemi (oba snímky) (2. 7. 2015).	109
Obr. 72: Úsek s více korytovými akumulacemi porostlými trávobylinným porostem a dřevními závaly (vlevo nahoře), břehová nátrž (vlevo uprostřed) a dlouhé korytové akumulace (vlevo dole a vpravo)(1. – 2. 7. 2015).	109
Obr. 73: Souvislost mezi polohou korytových akumulací v rámci koryta a jejich polohou vzhledem k zákrutům u Kocáby, medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max.	110
Obr. 74: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Kocáby a jejich polohou v rámci koryta.....	113
Obr. 75: Souvislost mezi typem korytových akumulací Kocáby a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max.....	113
Obr. 76: Souvislost mezi vegetačním pokryvem korytových akumulací Kocáby a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max.....	114
Obr. 77: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Kocáby a jejich vegetačním pokryvem.	115
Obr. 78: Souvislost mezi způsobem vzniku korytové akumulace a její gradací u Kocáby.	115
Obr. 79: Souvislost mezi typem korytové akumulace a materiálem u Kocáby.	116
Obr. 80: Hustota korytových akumulací a břehových nátrží v úseku mezi Malou Lečicí a ústím Královky. Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet břehových nátrží/korytových akumulací na 1 km ² , rádius je 200 m.	118
Obr. 81: Ústí Loděnice do Berounky s korytovou akumulací (vlevo) a závaly dřevní hmoty s náznakem povodňového koryta vpravo před lokalitou V Kozli (vpravo) (29. 7. 2015).	120
Obr. 82: Korytová akumulace s kládou vytvářející překážku v korytě (vlevo) a břehová nátrž při výsepním břehu s protilehlou korytovou akumulací (vpravo) poblíž lokality V Kozli (29. 7. 2015).	120
Obr. 83: Zával dřevní hmoty s vynucenou korytovou akumulací (vlevo) a velká korytová akumulace s travním porostem (vpravo) u lokality V Kozli (29. 7. 2015).	120
Obr. 84: Korytová akumulace s břehovou nátrží u mostu V Kozli (vlevo), korytová akumulace a ukázka dna toku s kameny v úseku ústí Loděnice – Hostim (vpravo) (29. 7. 2015).....	121

Obr. 85: Stupeň s korytovou akumulací a břehovou nátrží u Hostimi (vlevo nahoře), korytová akumulace v úseku ústí Loděnice-Hostim (vpravo)(29. 7. 2015) a ukázka břehu souvisle zpevněného kameny, místy zničeného v úseku Hostim-Svatý Jan pod Skalou (vlevo dole) (30. 7. 2015).....	121
Obr. 86: Korytová akumulace (vlevo) a korytová akumulace s erozně odříznutou částí břehu (vpravo) v úseku Hostim - Svatý Jan pod Skalou (30. 7. 2015).....	122
Obr. 87: Souvislost mezi polohou korytových akumulací Loděnice v korytě a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max.....	123
Obr. 88: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Loděnice a jejich polohou v rámci koryta.....	125
Obr. 89: Typy korytových akumulací ve vztahu k poloze před a za zákrutem u Loděnice. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max.	126
Obr. 90: Souvislost mezi vegetačním pokryvem korytových akumulací Loděnice a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max.....	127
Obr. 91: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Loděnice a jejich vegetačním pokryvem.....	127
Obr. 92: Souvislost mezi způsobem vzniku korytových akumulací na Loděnici a jejich gradačním zvrstvením.	128
Obr. 93: Souvislost mezi typy korytových akumulací Loděnice a jejich materiály.....	128
Obr. 94: Hustota břehových nátrží a korytových akumulací v úseku mezi Svatým Janem pod Skalou a ústím Loděnice do Berounky. Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet břehových nátrží/korytových akumulací na 1 km ² , rádius je 100 m.	131
Obr. 95: Porovnání šířek korytových akumulací mezi Sázavou a Loděnicí (vlevo) a Litavkou a Loděnicí (vpravo) pomocí analýzy rozptylu (zobrazeny případy, u nichž se prokázal signifikantní rozdíl).	132
Obr. 96: Četnost jednotlivých typů korytových akumulací - srovnání mezi toky.	133
Obr. 97: Četnost korytových akumulací z hlediska spojení se břehem mezi studovanými toky.	134
Obr. 98: Srovnání četností poloh korytových akumulací uvnitř koryta mezi studovanými toky.....	135
Obr. 99: Porovnání rozptylu délek mezi Litavkou a Kocábou (vlevo) a Litavkou a Loděnicí (vpravo) pomocí analýzy rozptylu (zobrazeny případy, u nichž se prokázal signifikantní vztah).	136
Obr. 100: Porovnání rozptylu výšek mezi Litavkou a Kocábou (zobrazen případ, u něhož se prokázal signifikantní rozdíl).137	
Obr. 101: Rozdíly v poloze břehové nátrže uvnitř zákrutu mezi studovanými toky.....	138

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Jednoduché fluvialní korytové akumulace.....	29
Tab. 2: Složené fluvialní korytové akumulace.	30
Tab. 3: Přehled erozních fluvialních forem.....	31
Tab. 4: Fluvialně-geomorfologické vlivy dřevní hmoty.....	34
Tab. 5: Přehled vybrané literatury zabývající se dopady jezů na morfologii koryta.....	37
Tab. 6: Geomorfologické členění území protékaného studovaným úsekem Sázavy (dle Balatky a Kalvody (2006) ¹ , Demka /editor/ et al. (1987) ²).	44
Tab. 7: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Sázavy. Pozn. Žlutě je označen den mapování na Sázavě.	48
Tab. 8: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybraný úsek Sázavy mezi Světlou nad Sázavou a Ledčem nad Sázavou.	49
Tab. 9: Geomorfologické členění území protékaného studovaným úsekem Litavky (dle Balatky a Kalvody, (2006) ¹ , Demka /editor/ et al., (1987) ²).	53
Tab. 10: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Litavky. Pozn. Žlutě jsou označeny dny mapování na Litavce.	57

Tab. 11: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybraný úsek Litavky mezi Trhovými Dušnicími a Čeňkovem.	88
Tab. 12: Geomorfologické členění území protékaného studovanými úseky Kocáby (dle Balatky a Kalvody, (2006) ¹ , Demka /editor/ et al., (1987) ²).	61
Tab. 13: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Kocáby. Pozn. Žlutě jsou označeny dny mapování na Kocábě.	63
Tab. 14: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybraný úsek Kocáby mezi Malou Lečicí a ústí Královky.	65
Tab. 15: Geomorfologické členění území protékaného studovanými úseky Loděnice (dle Balatky a Kalvody, (2006) ¹ , Demka /editor/ et al., (1987) ²).	69
Tab. 16: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Loděnice. Pozn. Žlutě jsou označeny dny mapování na Loděnici.	72
Tab. 17: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybrané úseky Loděnice mezi Sv. Jan pod Skalou - Hostim a Hostim - ústí do Berounky.	73
Tab. 18: Zkoumané charakteristiky společné pro všechny sledované objekty a jejich popis.	75
Tab. 19: Zkoumané specifické charakteristiky akumulčních fluviálních forem a jejich popis.	76
Tab. 20: Zkoumané specifické charakteristiky erozních fluviálních forem a jejich popis.	77
Tab. 21: Zkoumané specifické charakteristiky překážek a jejich popis.	78
Tab. 22: Přehled vybraných typů břehových linií a antropogenních úprav břehů.	79
Tab. 23: Analýza rozdílů šířek koryt mezi studovanými úseky vodních toků. Pozn.: Signifikantní rozdíly jsou označeny červeně, F = síla testu, p = hladina významnosti.	84
Tab. 24: Šířky toků na začátku a na konci mapovaných úseků.	84
Tab. 25: Pozorované a očekávané četnosti akumulčních a erozních fluviálních forem u jednotlivých toků s uvedenými hodnotami chí kvadrátu. Pozn.: Stupeň volnosti 3 a kritická hodnota je 7,82 pro 5% hladinu významnosti. Signifikantní hodnoty jsou označeny červeně. Referenčním tokem byla zvolena Litavka, jako 2. největší tok, protože na Sázavě bylo zmapováno málo objektů, které navíc v některých kategoriích zcela chybí (např. erozní formy).	85
Tab. 26: Analýza rozdílů velikostí korytových akumulací a břehových nátrží pro čtyři zkoumané toky. Pozn.: Signifikantní rozdíly jsou označeny červeně, F = síla testu, p = hladina významnosti.	85
Tab. 27: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	87
Tab. 28: Jezy a jejich vybrané charakteristiky v úseku Ledeč nad Sázavou a Světlá nad Sázavou.	89
Tab. 29: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před i za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	92
Tab. 30: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a překážek Sázavy. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	92
Tab. 31: Přehled zmapovaných objektů Litavky.	95
Tab. 32: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací Litavky. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	98
Tab. 33: Jezy a jejich vybrané charakteristiky v zájmovém úseku Trhové Dušnicí - Čeňkov.	99
Tab. 34: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	99
Tab. 35: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	99
Tab. 36: Korelace mezi vybranými charakteristikami překážek a korytových akumulací Litavky. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	100

Tab. 37: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	100
Tab. 38: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	101
Tab. 39: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	102
Tab. 40: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží Litavky. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	104
Tab. 41: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	104
Tab. 42: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	105
Tab. 43: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a překážek na Litavce. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	105
Tab. 44: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a korytových akumulací na Litavce. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	106
Tab. 45: Přehled zmapovaných objektů Kocáby.	107
Tab. 46: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací na Kocábě. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	110
Tab. 47: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	111
Tab. 48: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	111
Tab. 49: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a překážek na Kocábě. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	112
Tab. 50: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	112
Tab. 51: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	112
Tab. 52: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	114
Tab. 53: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	116
Tab. 54: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	117
Tab. 55: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	117
Tab. 56: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a překážek na Kocábě. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	117
Tab. 57: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a břehových nátrží Kocáby. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	118
Tab. 58: Přehled zmapovaných objektů Loděnice.	119
Tab. 59: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací Loděnice. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	122

Tab. 60: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	124
Tab. 61: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	124
Tab. 62: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a překážek Loděnice. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	124
Tab. 63: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	125
Tab. 64: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou za zákrutem. Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	125
Tab. 65: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	126
Tab. 66: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	129
Tab. 67: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	129
Tab. 68: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.	129
Tab. 69: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a překážek na Loděnici. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	130
Tab. 70: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a břehových nátrží Loděnice. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.	130
Tab. 71: Rozdíly délek korytových akumulací u zkoumaných toků. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, F = síla testu a p = hladina významnosti.	132
Tab. 72: Rozdíly šířek korytových akumulací u zkoumaných toků. Pozn.: řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.	132
Tab. 73: Typy korytových akumulací a jejich zastoupení mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 10 %.	133
Tab. 74: Korytové akumulace a jejich spojení s břehem mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 50 %.	134
Tab. 75: Rozdíly v poloze korytových akumulací před a za zákrutem mezi toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.	134
Tab. 76: Polohy korytových akumulací uvnitř koryta mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 10 %.	135
Tab. 77: Rozdíly délek břehových nátrží mezi studovanými toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.	136
Tab. 78: Rozdíly výšek břehových nátrží mezi studovanými toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.	136
Tab. 79: Rozdíly výšek břehových nátrží mezi studovanými toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.	137
Tab. 80: Polohy břehových nátrží uvnitř zákrutů mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 10 %.	138
Tab. 81: Hodnoty křivolakosti vodních toků v úsecích terénního mapování.	140

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Základní charakteristiky akumulčních fluviálních forem v korytě v mapovaných úsecích Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice. Pozn. Prázdna políčka – data neexistují.

Příloha 2: Základní charakteristiky erozních fluviálních forem v korytě v mapovaných úsecích Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice. Pozn. Prázdna políčka – data neexistují.

Příloha 3: Základní charakteristiky překážek v korytě v mapovaných úsecích Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice. Pozn. Prázdna políčka – data neexistují.

Příloha 4: Souhrn všech zmapovaných objektů Sázavy.

Příloha 5: Souhrn všech zmapovaných objektů Litavky.

Příloha 6: Souhrn všech zmapovaných objektů Kocáby.

Příloha 7: Souhrn všech zmapovaných objektů Loděnice.

1. ABSTRAKT

Předkládaná diplomová práce se zabývá proměnlivostí rozmístění akumulčních a erozních tvarů uvnitř koryta v závislosti na průběhu koryta a výskytu překážek v korytě na čtyř různých velikých tocích. Cílem práce je zmapovat rozmístění korytových akumulací a břehových nátrží, stanovit u nich morfometrické charakteristiky včetně stanovení jejich pozice vzhledem k poloze a průběhu zákrutů a překážek v korytě pro jednotlivé toky, určit společné zákonitosti a vysvětlit případné rozdíly v zákonitostech mezi různě velkými toky. Za tímto účelem proběhla terénní rekognoskace na vybraných úsecích Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice. Jedná se o relativně přirozené úseky vodních toků s obdobnými fyzicko-geografickými podmínkami. Měření probíhalo ve dvou etapách – na jaře a v létě roku 2015. Výsledky ukazují, že korytové akumulace ani břehové nátrže nejsou ovlivněny zákruty, které nehrají v jejich poloze a morfometrii primární roli. Dále jevy vytvářejí místa s významným soustředěním sedimentační i erozní činnosti, kde se u Sázavy a Litavky vyskytovaly korytové akumulace a někde i břehové nátrže do vzdálenosti 100 m pod jezy. Ostatní překážky (např. balvany, závaly dřevní hmoty) mají vliv na výskyt korytových akumulací pouze u Sázavy. V případě břehových nátrží se vyskytuje významný rozdíl v délce nátrží mezi Litavkou a ostatními toky, který je daný výskytem spraší v nivě Litavky. Při posuzování výsledků je nutné mít na paměti velký rozdíl ve velikosti toku mezi Sázavou a druhou největší řekou Litavkou a stejně tak malý rozdíl mezi Kocábou a Loděnicí. Obecně z výsledků vyplývá, že i délka a poloha úseků mapování v rámci celkových délek toků a také lokální podmínky specifické pro daná místa (např. výskyt spraší u Litavky, balvanité koryto Stvořidel u Sázavy apod.) mají velký vliv na geomorfologickou odezvu daných toků na přítomnost zákrutů, jezů a dalších překážek a objektů v korytě.

Klíčová slova: geomorfologie, korytové akumulace, koryto, břehové nátrže

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis is the change in the spatial distribution of erosion and sediment deposition landforms within the channel of four different-size rivers, and is based on the morphology of the river channel and presence of barriers. The objective of this thesis was to 1) map the spatial distribution of channel bars and locations of bank scour, 2) define the morphologic characteristics including the position with respect to the location of bends and obstructions in the channel of the individual river reaches, and 3) define common patterns, and explain potential differences between the patterns in the rivers of different size. For the purpose of this study a field reconnaissance was carried out on selected reaches of Sazava River, Litavka River, Kocaba River and Lodenice River. The selected sections represent relatively natural parts of river channels with similar geomorphic conditions. The field survey was carried out in two campaigns – in spring

and in summer 2015. The results of the survey indicate that channel bends do not play a primary role in the position and morphology of channel bars and locations of bank scour. However, significant sediment deposition or erosion activity was identified near run-of-river dams. In the surveyed reaches of the Sazava and Litavka rivers, channel bars and occasionally areas of bank scour were found up to 100 meters downstream from the run-of-river dams. Other obstructions (e.g. boulders, woody debris, etc.) influence occurrence of channel bars in the Sazava River only. A significant difference in the length of bank scour areas has been identified between the Litavka River and the other rivers, due to the presence of loess soils within the Litavka River valley. During evaluation of the findings, it is necessary to consider the significant difference in size between the two larger rivers, the Sazava River and the Litavka River, and the small difference in size between the two smaller rivers, the Kocaba River and the Lodenice River. In general, the results of the study indicate that the geomorphology of the rivers, including river bends, run-of-river dams, and other obstructions within the channel, is significantly impacted by the length and position of the selected reaches within the overall length of the rivers, as well as the local conditions of the selected reaches (e.g. loess soil within the Litavka River valley, boulders in the channel Stvořidla in Sazava River, etc.).

Key words: geomorphology, channel bars, channel, bank scours

2. ÚVOD

Vodní toky jsou přirozenou součástí krajiny, reagují a zároveň spoluurčují její další vývoj. Mění své chování, svůj tvar i polohu v údolní nivě. Postupně s nástupem člověka a jeho aktivit však dochází k postupnému zasahování do přirozeného režimu a chování vodních toků. Vodní toky jsou přesouvány, napřimovány, snižuje se možnost jejich přirozených rozlivů. Výsledkem jsou ničivější povodně, kdy dochází k degradaci přírodního okolí vodního toku a mnohdy i antropogenních objektů, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti vodního toku.

Součástí vývoje vodních toků je také formování fluviálních forem v korytě a v údolní nivě. V této práci je pozornost zaměřena pouze na fluviální formy v korytě, které vznikají buď přímo hydraulickou činností toku, nebo i nepřímo prostřednictvím překážek, které se vyskytují v daném toku nebo jeho bezprostředním okolí. Překážky mohou být jak přirozeného rázu např. vegetace, naplavená dřevní hmota nebo antropogenního charakteru. Sem by patřily různé jezy, nevhodně dimenzované mosty, mostní pilíře, propustky apod.

Pro lepší porozumění chování vodních toků je důležité vysledovat zákonitosti rozmístění fluviálních forem v korytě. Získané poznatky mohou pomoci při ochraně obyvatel a majetku nacházejícího se v bezprostřední blízkosti toku tím, že lze předpovědět místa, kam se soustřeďují projevy fluviální činnosti, navrhnout případná opatření nebo zabránit osídlení údolní nivy. Další oblastí uplatnění je projektování dopravních a komunikačních staveb (např. mostů, jezů, apod.), kde lze navrhovat na základě zjištěných poznatků lepší místa pro výstavbu mimo zákruty, místa se zvýšeným rizikem projevů akcelerovaných fluviálních geomorfologických procesů apod. Nemalý význam mohou mít i při predikci chování povodně ve vodním toku a údolní nivě, kdy zkoumané objekty mohou pozitivně i negativně ovlivňovat průběh dané povodně. Z výše uvedených příkladů vyplývá, že se jedná o téma v dnešní době důležité, ale zároveň poměrně pomíjené na úkor jiných atraktivnějších a zdánlivě důležitějších témat.

Cílem této práce je definovat zákonitosti distribuce fluviálních akumulčních a erozních forem. Na základě těchto znalostí stanovit, zda se tyto zákonitosti mění s velikostí toku či jsou univerzální pro všechny toky bez ohledu na jejich velikost. Vodní toky byly vybrány tak, aby měly s výjimkou vlastní velikosti (dané plochou povodí, délkou toku a průtokem) podobné fyzickogeografické podmínky. Vybrané úseky jsou relativně přirozené, nacházejí se v podobné nadmořské výšce, v převážně zemědělsko-lesní krajině s výraznou převahou lesů, luk nebo pastvin a v dostatečné vzdálenosti od vodních nádrží a rybníků.

Vzhledem k tomu, že ve všech vybraných úsecích bylo z akumulčních a erozních forem zaznamenáno nejvíce korytových lavic a břehových nátrží, byly ve statistických analýzách uvažovány pouze tyto formy. Ostatních typů akumulčních a erozních fluviálních forem bylo zaznamenáno málo nebo v některých úsecích vodních toků zcela chyběly.

3. FLUVIÁLNÍ FORMY V KORYTĚ

3.1. Podmínky vzniku fluviálních forem v korytě

Fluviální formy v korytě jsou buď akumulárního, nebo erozního původu, kdy vznikají korytové akumulace a ostrovy, resp. břehové nátrže popřípadě sekundární koryta. V mnoha případech bývá jejich vznik vyvolán přítomností překážek v korytě nebo změnou proudění v důsledku přirozené křivolakosti toku.

Vodní toky jednak erodují nebo akumulují materiál, který unášejí. To, který proces zrovna převládá, závisí na hydraulických podmínkách (které jsou ovlivňovány polohou rovných úseků a zákrutů, rozmístěním překážek v korytě, sklonem dna atd.), rozmístění míst eroze, transportu a sedimentace, výskytu zákrutů a překážek v korytě. Podmínky vzniku fluviálních forem jsou velmi variabilní a závisí na mnoha okolnostech a faktorech. Základními faktory ovlivňujícími vznik fluviálních forem jsou:

a) typy proudění

Existuje mnoho typů členění proudění na základě různých kritérií, avšak pro účely této práce postačuje definovat druhy proudění na základě Froudova čísla (Fr) dle Gupta et al. (2001), které je definováno jako:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}},$$

kde Fr představuje Froudovo číslo (bezrozměrné), V je průměrná rychlost proudění (v m/s), D představuje hydraulickou hloubku (v metrech) a g představuje gravitační zrychlení (v m/s^2). Pokud je $Fr = 1$, tak se jedná o kritický pohyb, když je $Fr < 1$, jde o tok podkritický (říční) a při $Fr > 1$ nadkritický neboli bystrinný (vysoká rychlost proudění) (Gupta et al., 2001).

Jiné dělení typů proudění, je založeno na Reynoldsově číslu (Re). Ve vodních tocích rozlišujeme laminární a turbulentní proudění. Při laminárním proudění se částice tekutiny pohybují jakoby ve vrstvách, které se mezi sebou nepromíchávají a typické jsou nízké rychlosti proudění. Zatímco turbulentní proudění se vyznačuje vysokými rychlostmi proudění, při kterých se proudnice vzájemně promíchávají (Charlton, 2007).

b) erozní činnost tekoucí vody

V příčném profilu koryta rozlišujeme dva druhy eroze podle místa působení, a to břehovou erozi a erozi dna. Pro tuto práci je podstatná zejména **břehová eroze**, což je v podstatě komplexní proces skládající se ze tří základních skupin procesů, tj. procesů snižujících stabilitu břehů (opakované zamokřování a vysoušení břehů), procesů sesouvání a řízení břehů a fluviálních procesů, při kterých dochází k odstraňování materiálu břehů přímým působením vodního toku (Charlton, 2007).

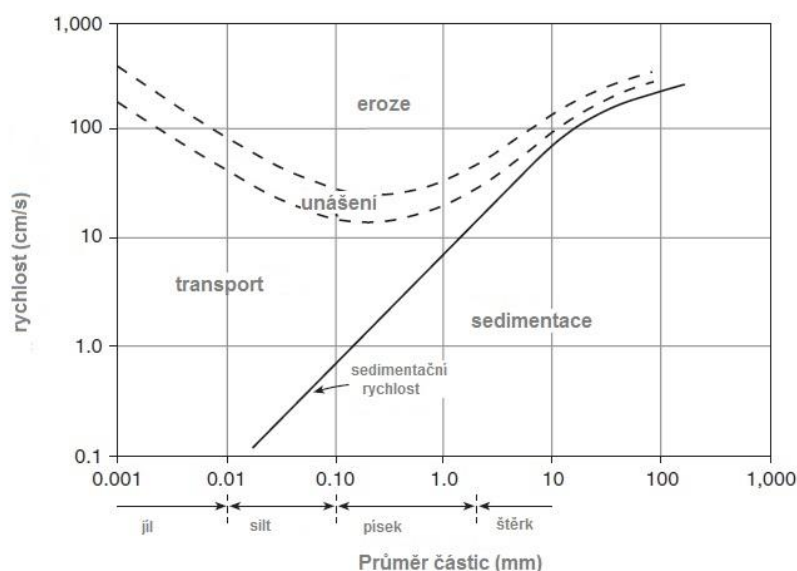
Zda se na erozi břehu více uplatňují fluviaální procesy nebo řízení nestabilního břehu, je mimo jiné určeno především stavbou břehu. Břehy tvořené materiálem písčité a hrubší frakce jsou nesoudržné a jednotlivá zrna jsou postupně odstraňována, čímž dochází k poklesu stability břehu a jeho případnému řízení. Zatímco u soudržných břehů jsou oddělovány spíše agregáty zrn než jednotlivá zrna a k oslabování břehu dochází spolupůsobením výše uvedených procesů (Charlton, 2007).

Na velikost eroze vodního toku mají vliv dva hlavní faktory a to erozní schopnost vodního toku a odolnost břehů a dna koryt. První ze dvou jmenovaných faktorů je ovlivněn především rychlostí proudění vodního toku, jeho průtokem, sklonem, hydraulickými vlastnostmi a množstvím plavenin a splavenin, které daný tok unáší. Druhý faktor závisí zejména na typu hornin, jejich vlastnostech a odolnosti vůči erozi (Demek, 1987).

c) sedimentace

Při poklesu množství vody ve vodním toku a její unášecí síly dochází k ukládání materiálu unášeného řekou - sedimentaci. Sedimentace může probíhat ve všech částech toku od pramene k ústí, ale nejvýraznější je v dolních částech toků.

Rozdílné jsou podmínky, kdy dochází k ukládání plavenin a splavenin. U plavenin začíná proces sedimentace v momentě, kdy převažuje sedimentační rychlost (obr. 1) nad turbulentním rozptylem (Charlton, 2007).



Obr. 1: Hjulströmův diagram znázorňující vztah mezi velikostí částic a rychlostí proudění, která je potřebná pro erozi, transport a sedimentaci (dle Charlton, 2007, upraveno).

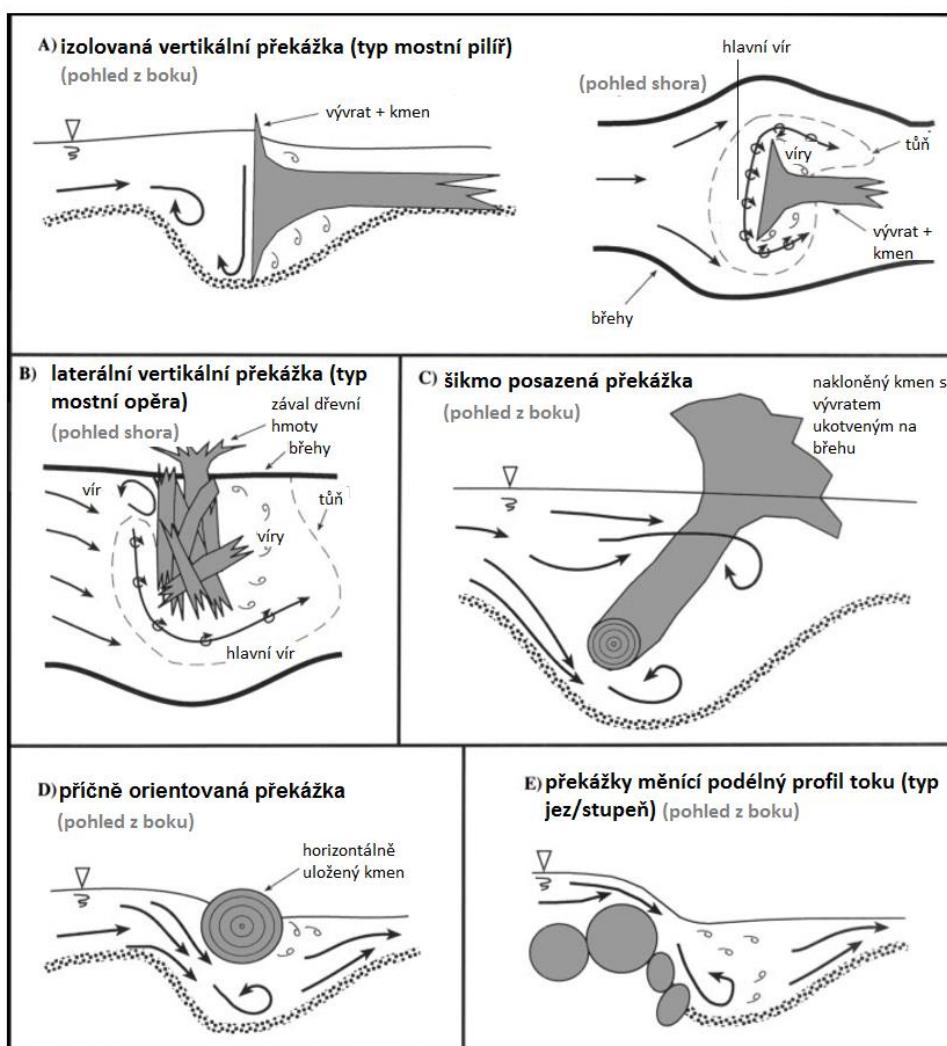
Rychlost usazování je spjata s velikostí jednotlivých zrn, takže se jako první ukládá nejhrubozrnnější materiál a s dalším poklesem rychlosti proudění se teprve usazuje jemnozrnnější materiál. K zrnitostní gradaci dochází jak ve vertikálním tak i horizontálním směru (Knighton, 1984).

V případě splavenin je jejich sedimentace ovlivněna průtokovými poměry a nastává při poklesu smykového napětí dna pod kritické napětí, které je důležité pro transport částic o určité velikosti (Charlton, 2007).

Důležité jsou i okolnosti, které mohou vyvolat sedimentaci materiálu v korytech vodních toků. Mezi tyto okolnosti patří například snížení průtočnosti koryta, pokles spádu toku, nárůst průřezové plochy koryta, nárůst odporu břehů vodního toku, odtržení proudu nebo výskyt překážek v korytě (Charlton, 2007).

d) hydrodynamika toku v okolí překážek

Přírozená hydraulika toku se v okolí přírodních nebo antropogenních překážek v korytě mění. Dochází k vychýlení proudnice, vzniku sekundárních proudů, vírů apod., které ovlivňují rozložení míst eroze a sedimentace a tím i rozmístění návazných fluviálních objektů. V této podkapitole je představena hydraulika toku v okolí čtyř hlavních typů překážek (sensu Buffington et al., 2002, obr. 2) a posledním typem překážky jsou propustky, které se liší od předchozích typů svojí podstatou.



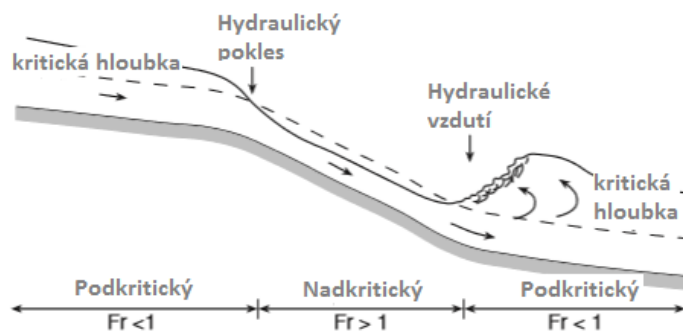
Obr. 2: Struktura proudění a vymílání dna u vertikálních, příčných, šikmo uložených a stupňovitých překážek (dle Buffington et al., 2002, upraveno).

První typ překážek představují objekty, které výrazně mění podélný profil toku (např. jezy nebo stupně). Druhý typ tvoří vertikální překážky, které strmě vyčnívají ze dna koryta. U tohoto typu překážek existuje určitá analogie s hydraulikou toku v okolí mostních pilířů nebo opěr a zvláště je popsána hydraulika toku u obou podtypů vertikálních překážek. Třetím typem jsou šikmo posazené překážky a čtvrtý typ představují příčně orientované překážky, které jsou situovány na dně v příčné poloze (s téměř nulovým náklonem), většinou část vyčnívá nad hladinu a od šikmo posazených překážek se odlišují převažujícím odkloněným prouděním směrem dolů ke dnu (Buffington et al., 2002).

1) hydrodynamika toku u objektů měnících podélný profil toku

Jezy představují bariéru pro tok, protože procházejí korytem v celé jeho šířce. Hlavním hydraulickým dopadem jezu je vznik tůně s pomalu tekoucí vodou nad jezem, kde rovněž může lokálně dojít ke zvýšení vodní hladiny, zejména v období s nízkými vodními stavy (Csiki a Rhoads, 2010). Rovněž platí, že čím vyšší je daná struktura, tím plošší se vytváří říční profil a dále dosahuje efekt vzduť nad danou strukturou. Rozsah zadržení vody a sedimentu jezu a průtočnými nádržemi je závislý na vodním stavu, kdy se zadržovací schopnost těchto objektů liší spolu s tím, jak se mění hydrologické podmínky dané řeky (Csiki a Rhoads, 2010). Uložení sedimentu nad jezem se mění v závislosti na stupni hydrologické proměnlivosti, přísunu sedimentu, unášecí schopnosti a kapacitě toku transportovat materiál přes jez, na průměru splavenin a výšce jezu, která rovněž ovlivňuje dobu zadržení vody nad jezem (Csiki a Rhoads, 2010). Obecně mají jezy krátkou dobu zdržení a jejich vlivem dochází ke změně hydraulických podmínek při změnách vodního stavu. Při nízkém vodním stavu vytváří efekt vzduť nad jezem tůň, čímž se zároveň snižuje rychlost proudění a unášecí schopnost vodních toků. Dojde k ukládání sedimentu v oblasti vzduť. S nárůstem rychlosti a unášecí schopnosti toků se remobilizuje sediment uložený nad jezem (Csiki a Rhoads, 2010). Při vysokých vodních stavech, kdy je jez ponořený pod vodou, jsou ovlivněny jezem pouze některé části toku nad a pod jezem, který v tomto případě funguje spíše jako lokální ponořená překážka na dně toku (Csiki a Rhoads, 2010). Transport jemnozrného sedimentu probíhá nerušeně přes hranu jezu, zatímco u hrubozrnějšího materiálu závisí jeho transport na hydraulických podmínkách toku. Těsně před hranou jezu se nachází pás turbulentních proudů, které sediment vyzvednou vzhůru a přenesou ho přes hranu jezu. Samozřejmě i zde je unášecí schopnost turbulentních proudů vztažena k velikosti částic (Csiki a Rhoads, 2010).

Tok přes jez je prototypem rychle se měnícího toku. Voda teče přes hranu jezu a padá nebo teče dolů (v závislosti na typu jezu) v podobě tenké a rychle tekoucí vodní plochy. Při náhlém nárůstu rychlosti proudění a poklesu hloubky vody na hraně jezu dochází ke změně Froudova čísla z $Fr < 1$ na $Fr > 1$ neboli ke změně podkritického proudění na nadkritické (Csiki a Rhoads, 2010). Pod jezem dochází k **hydraulickému skoku** neboli **hydraulickému vzduť** (obr. 3).



Obr. 3: Schéma hydraulického poklesu, hydraulického vzduť a související změny Froudova čísla (Fr) pod jezem (dle Charlton, 2007, upraveno).

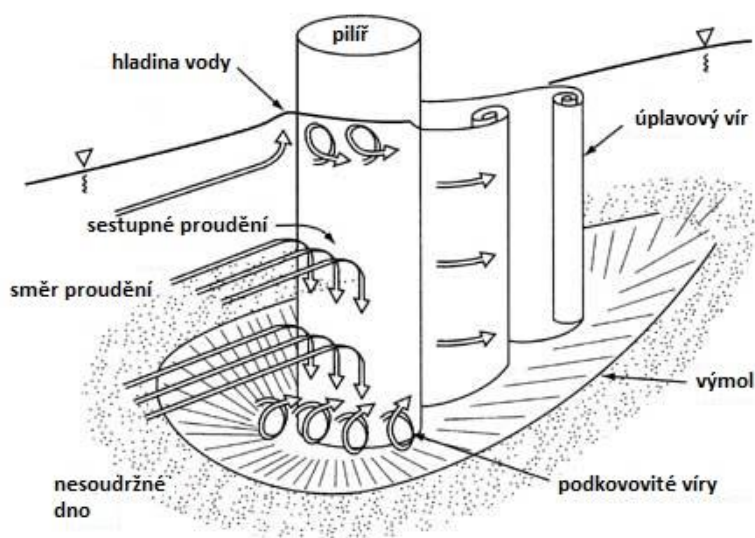
Hydraulické vzduť nastává, pokud proud mělké vody o vysoké rychlosti dopadne do vody s dostatečnou hloubkou, výsledkem toho je náhlý vzestup hladiny v místě dopadu (Gupta et al., 2001). Obdobná situace nastává i v případech, kdy tok mění sklon ze strmého na mírný nebo v místě, kde nadkritický tok překonává překážku v korytě (jez, stupeň, apod.). Podmínkou vzniku hydraulického vzduť je vytvoření nadkritického toku, který v procesu vzduť ztrácí svoji energii a za vzduť se mění na podkritický tok (Gupta et al., 2001) spolu s narůstající hloubkou vody a klesající rychlostí proudění (Csiki a Rhoads, 2010). Zároveň se při dopadu vody z jezu spojuje síla ponořených turbulentních proudů s hydraulickými válci při bázi jezu a vedou k intenzivní erozi. Prostorový rozsah bazální eroze je ovlivněn složením materiálu dna toku, geometrií jezu a kritickým průtokem, při kterém dochází k transportu sedimentu (Csiki a Rhoads, 2010). Rovněž efektivnost jezu zachycovat sediment ovlivňuje erozi v korytě pod jezem, protože ta vzniká především jako výsledek sníženého množství unášeného sedimentu. Platí tedy, že velikost eroze pod jezem závisí na množství sedimentu zachyceného nad jezem. Pokud jez nezachycuje většinu sedimentu, tak potom následující erozní projevy budou minimální (Csiki a Rhoads, 2010). Vzhledem k tomu, že jezy mají různou schopnost zachycení sedimentu unášeného řekami a částečně umožňují nerušený tok sedimentu dále ve směru toku, je degradace toku pod jezem a vzdálenost znovuobnovení koncentrací sedimentu menší než v případě velký vodních nádrží (Csiki a Rhoads, 2010).

V případě stupňů, ať už přirozených (kmen uložený napříč korytem, balvany nebo stupeň v podloží) nebo umělých, lze předpokládat podobné hydraulické projevy, i když v mnohem menší míře než v případě jezů (obr. 2). Hodně to závisí na rozměrech stupňů, zejména na jejich výšce. Stupně vytváří nízké vzduť, voda se přelévá přes stupeň a pod ním se vytváří turbulentní proudy a konvergující proudy, které vedou k erozi dna pod stupněm a tím i ke vzniku ponořených tůň (Chin, 1989 in Montgomery et al., 2003; Buffington et al., 2002).

2) Hydrodynamika toku v okolí mostních objektů a dalších vertikálních překážek

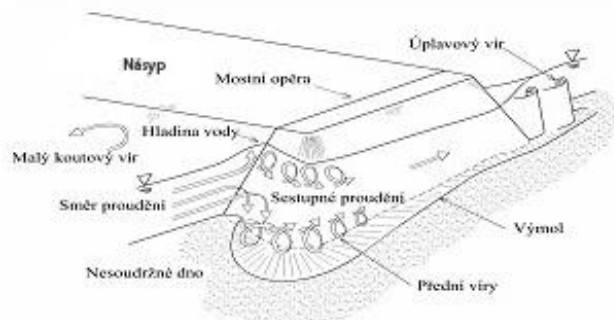
Mostní oblouky jsou zpravidla menší, než je šířka toku. V místě zúžení toku a před ním dochází k nárůstu rychlosti proudění, které způsobuje erozi (Hamill, 1999). Dojde k překročení meze vymílací rychlosti a tím k hloubení a přemísťování materiálu ze dna toku a jeho břehů. Výsledkem této činnosti je vznik výmolů ve dně a eroze břehů podél podpěr a za mostními objekty (Balvín, Gabriel et al., 2009).

Obecně existují dva základní typy výmolů v okolí mostů. Jednak výmoly, které vznikají v důsledku zúžení toku mostním objektem a pak lokální výmoly v okolí pilířů a opěr. V prvním případě dochází ke zvýšení rychlosti a tím i k vymílání. Oproti tomu lokální výmoly jsou výsledkem zvýšených rychlostí a existence vírů, které vznikají kolem podpěr. Před pilířem se vytváří podkovovitý vír a za ním úplavový vír (obr. 4) (Balvín, Gabriel et al., 2009). Princip vzniku vírů je takový, že proud vody se směrem k pilíři zpomaluje a voda v jeho ose stagnuje. Při hladině jsou rychlosti proudění i tlak vyšší a směrem ke dnu se rychlost i tlak snižují. Vymílání začíná v momentě, kdy je rychlost u dna tak velká, že dojde k překonání odporu proti pohybu dnových částic. V určité vzdálenosti od pilíře se s rychle klesajícím vlivem úplavu i rychlosti proudu materiál opět usazuje (Balvín, Gabriel et al., 2009, Richardson a Davies, 1995 in Khwairakpam a Mazumdar, 2009).



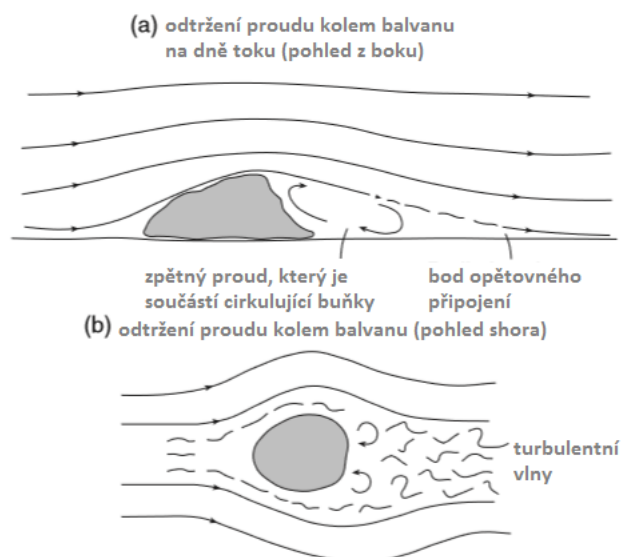
Obr. 4: Charakter proudění v okolí válcového pilíře (dle Hamill, 1999, upraveno).

U opěr mostu je hydraulika toku podobná jako v případě pilířů, ale vzhledem k tomu, že se nacházejí u břehu, mohou vyvolat zpomalení toku. V tomto případě se přítokový proud rozdělí do dvou vrstev (obr. 5), kdy horní vrstva atakuje opěru, zatímco spodní vytváří víry a formuje dno (Balvín, Gabriel et al., 2009).



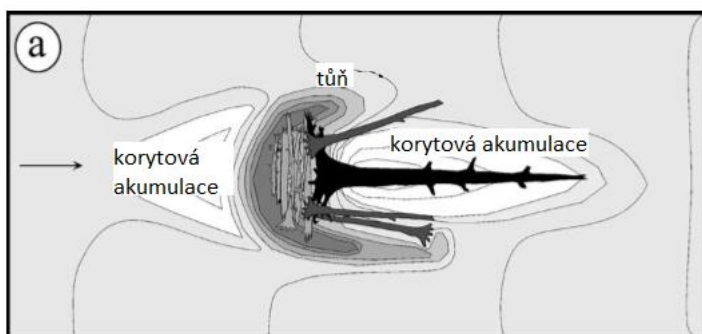
Obr. 5: Charakter proudění v okolí mostní opěry (dle Balvín, Gabriel et al., 2009, upraveno).

Obdobně může probíhat proudění toku u přírodních vertikálních překážek tvořených naplavenou nebo popadanou dřevní hmotou v korytě toku. Podle toho, zda je daný zával připojený ke břehu (laterální vertikální překážka) nebo ne (izolovaná vertikální překážka) (obr. 2), funguje hydraulika toku jako v případě pilířů nebo mostních opěr (Buffington et al., 2002). Jako laterální vertikální překážky fungují například výběžky břehů, výchozy skalního podloží, nebo závaly dřevní hmoty připojené k jednomu nebo oběma břehům. Oproti tomu izolovanou vertikální překážku mohou představovat vývraty, balvany, závaly dřevní hmoty uprostřed koryta nebo korytové akumulace bez spojení se břehem (Buffington et al., 2002). V obou případech vertikální překážky způsobují odtržení proudu (sensu Zachoval et al., 2012) a vytváří podkovité a turbulentní víry (Charlton, 2007, obr. 6). Ty vymílají dno toku a vytváří různé typy tůní (Montgomery et al., 2003) obdobně jako u mostních pilířů a opěr. Hloubka vymílání dna roste s tím, jak se zvyšuje šířka dané překážky vzhledem k hloubce toku (Buffington et al., 2002).



Obr. 6: Schéma průběhu proudnic obtékající překážky na dně toku, kdy za překážkou vzniká zóna s pomalu cirkulující vodou (dle Charlton, 2007 (a); Morisawa, 1985 in Charlton, 2007 (b), upraveno).

V případě závalů na čele korytových akumulací (obr. 7) dochází nejprve k výraznému zpomalení proudění v určité vzdálenosti před překážkou. V podélném profilu toku se horizontální proudění mění na vertikální a může docházet k sedimentaci a vzniku další korytové akumulace. Poté následuje zrychlení proudění po stranách při obtékání překážky a vzniku zóny vírů před překážkou (mezi zónou zpomalení proudění a daným závalem/překážkou), která vede k erozi dna a vzniku tůň před překážkou (obr. 7). Za překážkou následuje odtržení proudu a sedimentace jemnějšího materiálu (Abbe a Montgomery, 1996). V místech zúžení vodního toku nebo zmenšení hloubky dochází ke zrychlení proudění, což lze vysvětlit na základě Bernoulliho principu. Jeho podstata spočívá v tom, že před překážkou může dojít k nárůstu hloubky toku, zvýšení sklonu hladiny a s tím spojeného zvýšeného gradientu energie, který je potřebný pro zajištění kontinuity proudění danou překážkou (Charlton, 2007).



Obr. 7: Zával dřevní hmoty na čele korytové akumulace s tůň a navazující korytovou akumulací (dle Abbe a Montgomery, 2003, upraveno).

3) hydrodynamika toku u šikmo posazených překážek

Šikmo posazené překážky jsou pod určitým úhlem nakloněné do toku (viz obr. 2), zabírají určitou část šířky koryta a mohou i nemusí zabírat jeho celou hloubku. Obdobně jako vertikální překážky, vedou ke zrychlení proudění a způsobují turbulentní vlny, které omílají dno toku. Hydraulika v okolí této překážky je však ve skutečnosti mnohem složitější (Buffington et al., 2002).

4) hydrodynamika toku v okolí příčně orientovaných překážek nespojených se dnem

Příkladem příčně orientovaných překážek je kmen uložený napříč korytem kolmo k proudnicím (obr. 2). Tyto překážky odklánějí proud směrem ke dnu, kde následně dochází k vymílání dna a vzniku tůň.

5) hydrodynamika toku v okolí propustků

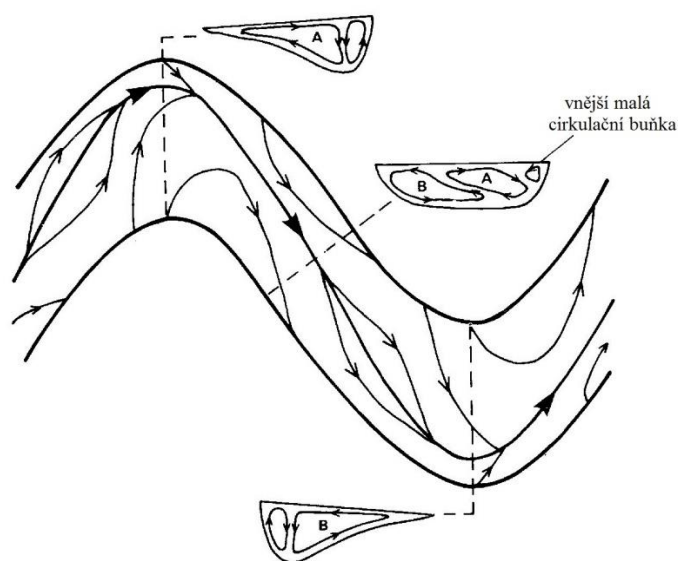
U propustků jsou režimy proudění před vtokem, v propustku a za výtokem poměrně složité. Nejčastějším případem je přechod bystrinného proudění do říčního vodním skokem (viz hydraulika v okolí jezů) (Balvín, Gabriel et al., 2009). Za výtokem z propustku se charakter proudění

pravděpodobně podobá situacím při soutoku dvou toků, nebo přítoku potoku do hlavního toku a mohou vznikat v závislosti na síle proudění buď různé erozní fluviální formy nebo soutokové korytové akumulace.

e) hydrodynamika toku v zákrutech a mezi nimi

V závislosti na tvaru a průběhu koryta se mění hydraulika toku a vliv zákrutů/přímých úseků na probíhající fluviální procesy. Obecně je vliv zákrutů nebo meandrů na vznik a utváření fluviálních forem nejvýraznější u vodních toků se slabě se vlnícími až meandrujícími úseky. V zákrutech dochází ke změnám v rychlostech proudění a zrnitosti sedimentů v podélném i příčném směru, což má vliv na procesy probíhající v toku i vznik daných fluviálních forem (Robert, 2003). Dochází zde k poklesu rychlosti a tím i velikosti unášených částic (Leopold et al., 1992). Laterální gradace zrnitosti vede k usazování hrubozrnějšího materiálu v oblasti tůní a směrem k jeseptnímu břehu se materiál zjemňuje (Robert, 2003).

Rozdílné procesy i formy jsou spojovány s jeseptními a výseptními břehy. V místě vrcholu zákrutu (sensu Máčka et al., 2011; Hrádek, 2005) probíhají sekundární cirkulace, které se v příčném profilu projevují výskytem dvou buněk s opačnou cirkulací (obr. 8).



Obr. 8: Schéma proudění v korytě se zachycením cirkulačních buněk v profilech, uspořádáním sekundárních proudů ve vrcholech zákrutů a v rovnějších úsecích mezi zákruty, A - starší cirkulační buňka, B - nová cirkulační buňka, která se postupně rozrůstá pod původní před dosažením dalšího zákrutu (dle Knighton, 1984, upraveno).

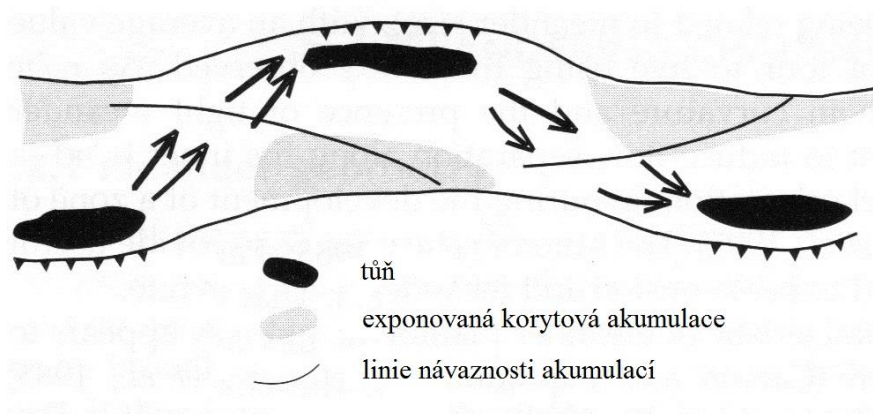
Hlavní cirkulační buňka se nachází u jeseptního břehu a přivádí povrchovou vodu do hloubek u výseptního břehu (Knighton, 1984). Menší cirkulační buňka u výseptního břehu se pohybuje opačným směrem, proto zde zůstává břeh strmý. V místě konvergence obou cirkulačních buněk u hladiny a jejich divergence v hloubce se projevuje eroze dna s následným vznikem tůní (Knighton, 1984).

Opačná cirkulace se vytváří v přímém úseku mezi zákruty, kde dochází u dna ke konvergenci sekundárních proudů, která vede k jejich divergenci u hladiny a k následné sedimentaci.

Výše popsaný složitý systém primárních a sekundárních proudů v zákrutech významným způsobem rozhoduje o uspořádání míst eroze a sedimentace (Knighton, 1984) a tím i fluviálních forem.

U výsepních břehů převládají erozní procesy, kde v místech za zákruty ve směru toku vznikají působením silného rychlého proudu a sestupného sekundárního proudu výmoly u dna a na březích často vznikají břehové nátrže (Knighton, 1984; Leopold et al., 1992). Největší hloubky a rychlosti proudění se nacházejí u výsepních břehů a směrem k jesepním břehům se snižují (Robert, 2003). U jesepních břehů vznikají v důsledku nejnižších rychlostí a hloubek náplavy a korytové akumulace, jejichž zdrojem je materiál přinášený podélnými a transversálními proudy (Knighton, 1984). Vzhledem k tomu, že proudnice nekopíruje přesně průběh zákrutu, mohou vznikat korytové akumulace až za osou zákrutu ve směru toku stejně jako břehové nátrže. Tento jev je příčinou pohybu zákrutů ve směru toku (Leopold et al., 1992).

Komplikovanější systém proudů vznikne, pokud v zákrutech nebo poblíž přechodu mezi zákruty dojde působením erozní činnosti k lokálnímu rozšíření koryta se vznikem středokorytové akumulace nebo ostrůvku s vegetací. Rozdělení proudů se tak stává nevyváženým, rozdělený tok zesiluje intenzitu eroze u výsepního břehu a zároveň postupně vyplňuje jesepní část břehu (Luchi et al., 2010). Obdobným způsobem se střídají korytové akumulace s diagonálními brody a tůňemi u toků s výraznými i slabě se vinoucími zákruty (obr. 9) (Church, 1992 in Robert, 2003; Robert, 2003).

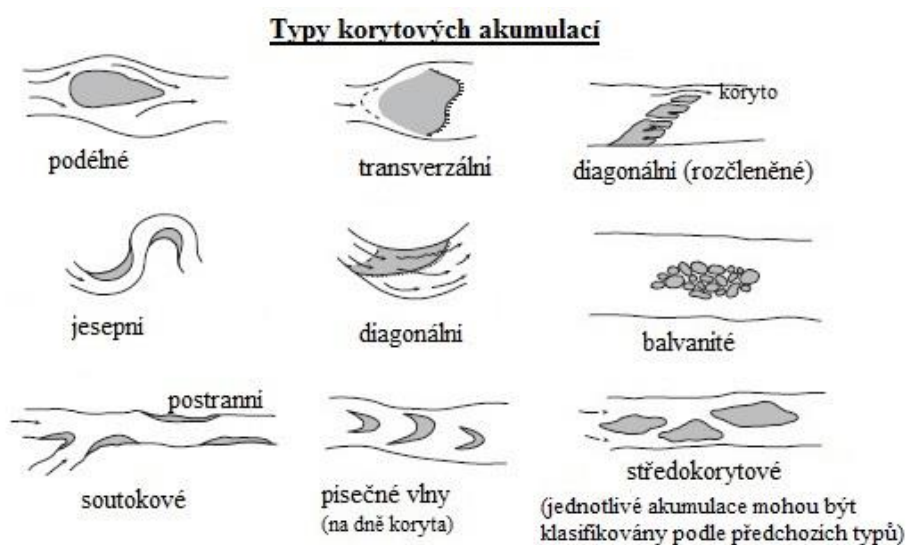


Obr. 9: Příklad mírně vlnícího se toku. Rozmístění jednotlivých fluviálních forem v půdorysu, kde při vnější straně zákrutu jsou tůňe, „zubatá“ čára jsou břehové nátrže a šipky znázorňují průběh proudnice (dle Ferguson, 1993 in Robert, 2003, upraveno).

3.2. Dělení fluviálních forem

3.2.1. Akumulační fluviální formy

Korytové akumulace (obr. 10) jsou tvořeny různorodým materiálem různé frakce od jílového až po valouny. Smith (1974 in Robert, 2003) je dělí na dvě základní skupiny a to **jednoduché** (tab. 1) a **složené korytové akumulace**. Zrnitost se u vybraných typů korytových akumulací (jesešní, podélné, transversální) zjemňuje ve směru toku (Robert, 2003). Jednotlivé typy korytových akumulací se potom určují podle charakteristik toku v místě ukládání a velikosti zrn (Fryirs a Brierley, 2004).



Obr. 10: Typy korytových akumulací (dle Charlton, 2007, upraveno).

Tab. 1: Jednoduché fluviální korytové akumulace.

Typ korytové akumulace: ¹	Popis:
Podélné	Jsou protaženy ve směru toku a vytvářejí kosočtverečné akumulace ve středu koryt zejména v místech, kde jsou vodní toky poměrně široké (Robert, 2003). Mají tendenci se zužovat ve směru toku (Robert, 2003) a jejich růst je způsoben ukládáním jemnozrnějšího materiálu, jak ve směru, tak i proti směru toku (Church a Jones, 1982 in Charlton, 2007). Tyto akumulace vznikají buď v místech, kde se tok rozbíhá kolem části tvořené hrubozrnějšími splaveninami (tím tok není schopný materiál dál unášet a dochází k sedimentaci uprostřed koryta, kde jemnější materiál je ukládán bezprostředně za překážkou) nebo v případě velkého množství sedimentu v korytě, které tok není schopen unášet a ukládá ho (Fryirs a Brierley, 2013).
Transverzální	Jsou prohnuté ve tvaru laloku s relativně strmými dolními okraji ve směru toku (Robert, 2003). Často se formují u vodních toků s písčítým dnem (Fryirs a Brierley, 2013) a jejich výskyt je převážně vázán na místa náhlého rozšíření koryta toku, bifurkace, nebo místa pod soutokem dvou i více řek (Church a Jones, 1982 in Robert, 2003). Transverzální korytové akumulace nebývají obvykle spojeny s břehy koryta (Robert, 2003).

Soutokové	Jsou specifickou formou transverzálních korytových akumulací, které jsou spojené s větvením proudu typickým pro místa soutoku řek (Charlton, 2007).
Jesepní	Jsou charakteristické zejména pro písčité a štěrkové vodní toky (Fryirs a Brierley, 2004), které meandrují a vytvářejí se v místech jesepních břehů, kde dochází ke vzniku náplavů (Demek, 1987). Jsou výsledkem sekundárního proudění spojeného s prouděním v meandrujících tocích, a je pro ně charakteristické protažení ve směru toku se strmějšími vnějšími okraji (Charlton, 2007).
Diagonální	Běžně se vyskytují u vodních toků se štěrkovým dnem (Robert, 2003) zhruba v jejich středu a mají protáhlý oválný až kosočtverečný tvar (Fryirs a Brierley, 2013). Typické je pro ně spojení s oběma břehy, přičemž protínají koryto v šikmém směru. Někdy mohou také mít prudké čelo ve směru toku (Charlton, 2007; Robert, 2003). Mnohé diagonální akumulace mohou být také považovány za brody z hlediska podélného profilu, kdy se utváří sekvence tůň - brod (Robert, 2003). Ve směru toku se u diagonálních korytových akumulací projevuje zmitostní gradace k jemnozrnějšímu materiálu (Fryirs a Brierley, 2013).
Vynucená středokorytová akumulace	Nachází se ve středu koryta, kde za překážkou (např. skalním výchozem, velkými dřevními hmotami nebo vegetací) dochází k sedimentaci (Fryirs a Brierley, 2013).
Rozpínající se korytová akumulace	Je hrubozrnější až balvanitá středokorytová akumulace ve tvaru dejekčního kužele. K jejímu vzniku dochází v místech náhlého rozšíření toku ve vysoce sedimentačním prostředí v průběhu povodňového stavu. Tok ztrácí svoji unášecí schopnost a materiál se usazuje. Tyto korytové akumulace jsou poměrně inertní a omezují fluviální procesy v klidovém období mezi povodněmi (Fryirs a Brierley, 2013).
¹ jednotlivé typy korytových akumulací vybrány dle Church a Jones (1982) in Charlton (2007), Fryirs a Brierley (2013)	

Oproti jednoduchým korytovým akumulacím mají **složené korytové akumulace** (tab. 2) mnohem složitější a komplexnější vývoj (Bridge a Lunt, 2004) a jsou typické pro divočící řeky (Robert, 2003). K jejich vzniku dochází přetvořením jednoduchých korytových akumulací, zejména v místech s větvením toku nebo v místech s nižší hloubkou a vyšší drsností dna (Rice et al., 2009). Dalším působením erozních procesů se jejich povrch rozčleňuje a zkracují svoji délku (Charlton, 2007).

Tab. 2: Složené fluviální korytové akumulace.

Typ korytové akumulace:¹	Popis:
Středové	Jsou symetrické, mají charakteristický lalokovitý tvar a nemají spojení s břehy (Charlton, 2007).
Laterální	Mají spojení s jedním břehem a vyznačují se asymetrickým tvarem. Jsou mnohem stabilnější než středové akumulace (Robert, 2003).

Balvanité korytové akumulace	Jsou tvořeny shlukem balvanů bez jemnozrnnějšího sedimentu, který má jazykovitý tvar. Vyskytují se hlavně v korytech s drsným povrchem (Charlton, 2007), kde dochází k jejich vzniku při vysokých rychlostech proudění. V případě poklesu unášecí schopnosti toku se ukládají nejhrubší balvany formující překážku dalšímu proudění. Bezprostředně za překážkou vzniká sekundární proudění podmiňující ukládání menších balvanů a valounů, což vede ke zřetelné gradaci zrnitosti ve směru toku (Fryirs a Brierley, 2013).
¹ jednotlivé typy korytových akumulací vybrány dle Robert (2003) a Fryirs a Brierley (2004)	

3.2.2. Erozní fluvialní formy

Tab. 3: Přehled erozních fluvialních forem.

Břehová nátrž	Rubín, Balatka et al. (1986)	Jde o svislou stěnu v zeminách nebo málo zpevněných horninách, k jejímuž vzniku dochází hlavně v nárazových březích meandrů a zákrutů vodních toků působením laterální eroze. Vznik nátrže je podmíněn zejména podemláváním břehů a svahů z málo odolných materiálů, které jsou však schopné se udržet ve svislé poloze. Nátrže ohrožují stabilitu říčních břehů, a urychlují odnos materiálu uvolněného erozní činností.
Erozně odříznutá část břehu	-	Jedná se o variantu ostrova, který však nevznikl usazováním sedimentu unášeného řekou, nýbrž jde o původní část břehu, která byla erozní činností vodního toku oddělena od břehu a vytváří v podstatě ostrov obtékáný vodou, který je zpravidla porostlý vegetací.
Sekundární koryto	Křížek (2007), Brierley a Fryirs (2005)	Vyznačuje se menší hloubkou a šířkou než hlavní koryto a bývá protékáno vodou. Vzniká během vyšších vodních stavů, kdy dochází k avulzi koryta nebo opětovnému protékání části údolní nivy a zároveň se zachovává i hlavní (původní) koryto.

3.3. Vliv překážek a dalších objektů na rozmístění fluvialních forem v korytě

3.3.1. Přírodní překážky v korytě

Mezi nejčastější typy přírodních překážek se řadí vegetace rostoucí v korytě a při březích, dále pak různé popadané kmeny stromů, jejich části, popřípadě kořenové baly, nakupená dřevní hmota nebo velké balvany.

3.3.1.1. Vegetace v korytě a při březích vodních toků

Působení vegetace v korytě a její vliv na vznik fluvialních forem závisí zejména na poloze vegetace v rámci koryta toku, druhu vegetace a její vegetační fázi. V zimním období dochází k úhynu části vegetace a tím k jejímu menšímu působení (Charlton, 2007; Rowntree a Dollar, 1999). Vegetace

může jednak zapříčinit vznik nových fluvialních forem zpomalením proudění a následnou sedimentací, ale případná absence vegetace při březích může naopak vést ke vzniku břehové eroze, zejména břehových nátrží. Výsledný vliv vegetace na proudění však závisí na vodním stavu, kdy při nižších vodních stavech je tento efekt výrazný, zatímco při vyšších klesá. Zároveň se odpor proudění může měnit napříč korytem v závislosti na výskytu vegetace v něm a její působení může být umocněno další akumulací materiálu v jejím okolí (Charlton, 2007).

Z hlediska vlivu břehové i korytové vegetace na následnou sedimentaci lze říci, že vliv spočívá především ve zpevnění aluviálních sedimentů jejich kořeny a následným odporovým působením prostřednictvím vegetačního zápoje (Gurnell et al., 2012). Výrazný vliv na hydraulické poměry toku má hlavně vegetace s uzavřeným zápojem (Robert, 2003). Obecně rostliny svým zápojem snižují rychlost proudění a vynucují sedimentaci různého materiálu (sediment, semenáčky, apod.). Tím narůstá v jejich okolí mocnost sedimentů (Gurnell et al., 2012) a vznikají různé typy korytových akumulací dle polohy v korytě (různé typy středokorytových akumulací, postranní akumulace,...). Tento efekt mohou umocnit také další naplaveniny (např. dřevní hmota), které se zachytí o vegetaci nebo narůstající akumulace sedimentu, které zvyšují stabilitu daných korytových akumulací a podporují růst vegetace na jejich povrchu. Obdobně dochází ke stabilizaci a rozšiřování říčních břehů (Gurnell et al., 2012).

Vegetace může působením kořenového systému zrychlit nebo zpomalit erozi břehů v závislosti na typu vegetace a jejím množství (Robert, 2003; Abernethy a Rutherford, 1998). Podle Pollen-Bankhead a Simon (2010) většinou převládá stabilizační efekt vegetace, který narůstá s její hustotou při březích a tím se zužuje koryto vodního toku (Knighton, 1984). Simon a Collison (2002) uvádějí, že nejstabilnější jsou břehy, kde se střídají břehy porostlé stromy s břehy porostlými travnatou vegetací. Nestabilitu břehů mohou rovněž způsobit příliš dobře vyvinuté kořenové systémy narušující šterbiny a pukliny v půdě (Robert, 2003), dále i příliš vysoké a strmé břehy (Abernethy a Rutherford, 1998). Významnou roli mohou při erozi toku hrát i jednotlivé individuálně rostoucí stromy, které mohou fungovat jako pevné body upevňující průběh břehových linií, kdy dochází před a za nimi k tvorbě výmolů. S postupující erozí mohou takto vznikat břehové ostrohy, odříznuté části břehů a vytváří se tak tzv. pulsující systém v podélném profilu (Grešková a Lehotský, 2007).

3.3.1.2. Dřevní hmota (*woody debris*)

U vodních toků, kde doprovodnou vegetaci tvoří stromy, popřípadě kde toky protékají zalesněnými oblastmi, ovlivňuje dřevní hmota významným způsobem morfologii a dynamiku toku (Abbe a Montgomery, 2003). Geomorfologické účinky dřevní hmoty ve vodních tocích jsou velmi rozmanité v závislosti na velikosti a energii toku, s čímž souvisí i orientace velkých kusů dřevní hmoty (u menších toků převažuje kolmá orientace, u větších toků převažuje naopak orientace ve směru toku) a následný vznik různých fluvialních forem (Roštínský et al., 2010).

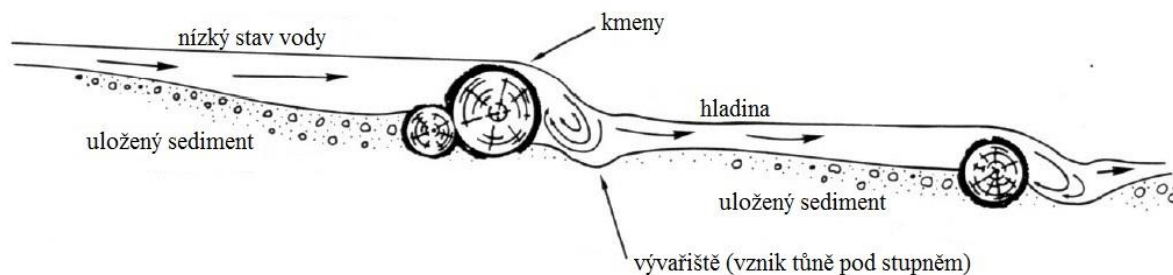
Nejdůležitější a nejčetnější jsou tři hlavní geomorfologické procesy vyvolané výskytem dřevní hmoty v tocích (Sass, 2009):

- a) ovlivnění míry břehové eroze
- b) vznik tůní
- c) podpora sedimentace a vznik různých korytových akumulací (tab. 4).

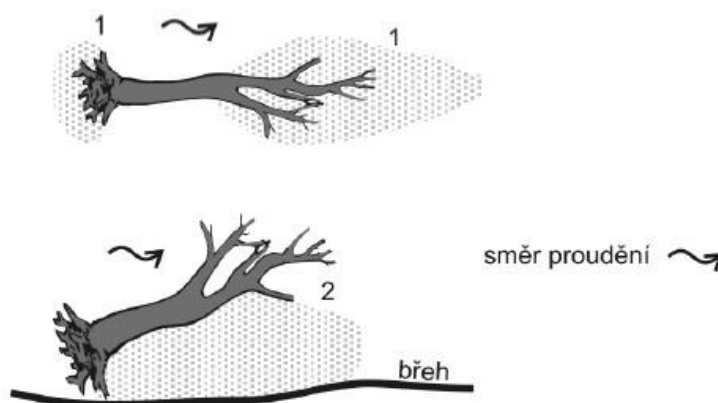
Opperman a Merenlender (2007) připisují velký význam vlivu živých kusů dřevní hmoty a živých stromů na průtok a morfologii koryta (zachycují větší množství sedimentu, vyznačují se větší stabilitou a vlivem na morfologii koryta díky absenci trouchnivění). Do vodních toků se mohou dostat například břehovou erozí.

Tab. 4: Fluviálně-geomorfologické vlivy dřevní hmoty.

VYBRANÉ FLUVIÁLNĚ-GEOMORFOLOGICKÉ PROJEVY DŘEVNÍ HMOTY			
Účinky dřevní hmoty na vznik fluviálních forem (Saas, 2009)	vznik tůní	- u akumulací dřevní hmoty při březích (Abbe a Montgomery, 2003)	
		- pod kmenem vynucenými stupni (Abbe a Montgomery, 2003) (obr. 11)	
		- před korytovými akumulacemi s dřevní hmotou (Abbe a Montgomery, 2003)	
		- v místech nahromadění dřevní hmoty (Roštínský et al., 2010)	
		- ve výmolech pod kmenem (Roštínský et al., 2010)	
		- před kořenovými baly uložených kmenů proti směru toku, kde dochází k dělení proudu (Abbe a Montgomery, 1996)	
	ovlivnění míry břehové eroze	snížení eroze	- zvyšování stability koryta vytvořením malých stupňů, proudných úseků nebo hydraulických vzduť (koncentrace turbulentního toku nebo rozptýlení energie toku) (Keller a Swanson, 1979)
		zvýšení eroze	- zvyšování nestability břehů a jejich následné eroze usměrněním toku proti břehům, které způsobuje dřevní hmota zachycená v korytě – podpora laterální migrace vodního toku (Keller a Swanson, 1979)
			- narušení stability břehů nárazy plovoucí dřevní hmoty, což vede k řízení břehů během vyšších vodních stavů (Keller a Swanson, 1979) → rozšiřování vodního toku do stran (Montgomery et al., 2003)
	sedimentace (vznik korytových akumulací)	Počet kusů dřevní hmoty a jejich poloha v rámci koryta	Typ fluviální akumuláční formy
		- sedimentace kolem kusu dřeva vyvolaná jeho větvemi či kořenovým balem → vznik mělčiny v okolí kmene (Roštínský et al., 2010) (obr. 12)	vynucená středokorytová akumulace
		- sedimentace materiálu vyvolaná laterálním uložením kmene podél břehu (Roštínský et al., 2010) (obr. 12)	postranní korytová akumulace
		- sedimentace dřevní hmoty při konkávním břehu meandrujících toků → změlčení koryta a vzniku akumulací na vrcholu meandru (Roštínský et al., 2010)	postranní korytová akumulace
- akumulace dřeva při konvexním břehu na místě jesepních akumulací (Gurnell et al., 2002)		jesepní korytová akumulace	
- sedimentace hned pod překážkami tvořenými uloženou naplavenou dřevní hmotou → lokální rozšíření koryta (Rowntree a Dollar, 1999)		vynucená středokorytová akumulace	
- sedimentace nad kmenem vynuceným stupněm (Keller a Swanson, 1979)		vynucená korytová akumulace	



Obr. 11: Schéma zachycující polohy kmenem vynucených stupňů a vývařišť v podélném profilu (dle Keller a Swanson, 1979, upraveno).



Obr. 12: Sedimentace kolem mrtvého dřeva vyvolaná jeho větvemi či kořenovým balem (1), Sedimentace vyvolaná laterálním uložením kmenu u břehu (2) (dle Roštinský et al., 2010, upraveno).

3.3.2. Antropogenní překážky v korytě

Kromě přirozených změn v chování vodních toků způsobených změnami hydraulických podmínek, strukturou toku, vodním stavem apod., mají v poslední době čím dál větší vliv na chování toku, a tím i rozmístění fluviálních forem v korytě, kromě přírodních i antropogenní překážky a další objekty. Obecně změny jsou základní a přirozenou součástí všech ekosystémů, ale rozdíl je v tom, že antropogenní disturbance jsou zdrojem změn, které jsou cizí pro geomorfologické a biotické podmínky říčních systémů (Brierley a Fryirs, 2005). Rovněž je velmi obtížné odlišit od sebe odezvy vodních toků na přímé lidské dopady v rámci toku, od nepřímých lidských dopadů v měřítku celého povodí. Lidské dopady na charakter toku lze spolehlivě interpretovat za předpokladu, že rozumíme dlouhodobému vývoji vodního toku. Proto hodnocení odezvy daného říčního systému na antropogenní disturbance se musí dělat v kontextu adaptací daných systémů na zásahy přirozeného původu (Brierley a Fryirs, 2005). Mezi přímé lidské zásahy by patřilo zajišťování zásob vody a vodní energie výstavbou přehrad, vodních nádrží, těžba šterku a písku nebo další inženýrské stavby navržené za účelem zmírnění dopadů povodní, odstranění poriční vegetace a dřevní hmoty. Mezi nepřímé lidské

zásahy se řadí sekundární odezvy na změny vně koryt vodních toků, které následně mění průtoky a množství splavenin unášených ve vodních tocích. Tyto změny bývají spojené zejména se změnou půdního krytu, což vede ke změně charakteru, rovnováhy a interakcí toku vody a/nebo sedimentu (Brierley a Fryirs, 2005). Ačkoliv se zdá, že nepřímé zásahy jsou méně závažné, tak jejich dopady jsou všudypřítomné, dalekosáhlejší, časově pozdržené a projevují se jinde, než vznikají (Brierley a Fryirs, 2005). Mimoto antropogenní disturbance významně pozměnily prostorovou a časovou distribuci fluvialní forem a procesů (Brierley a Fryirs, 2005).

3.3.2.1. Jezy

Přehradý a jezy vytvářejí umělé struktury přerušující plynulý tok řeky a s tím spojený transport sedimentu (Brierley a Fryirs, 2005; Csiki a Rhoads, 2014; Charlton, 2007) s následnými dopady na fluvialní geomorfologii přehrazených říčních systémů. Dopady velkých vodních nádrží jsou dobře známé, ale méně se toho ví o vlivu malých průtočných hrází/jezů na říční morfologii (Csiki a Rhoads, 2014). Ve velkých přehradních nádržích dochází k zadržení sedimentu a jeho akumulaci. To se následně projevuje efektem hladové vody pod vodními nádržemi a s tím související zvýšenou erozní činností (Charlton, 2007). Rovněž nejsou dobře známy změny koryta a sedimentace nad a pod jezy. Průtočné přehradý/jezy mají odlišné hydraulické a většinou i geomorfologické dopady na vodní toky, než vodní nádrže (Csiki a Rhoads, 2010). U malých jezů je situace jiná, ty svojí výškou mnohdy nepřevyšují výšku okolních břehů a proto bývají během vyšších vodních stavů zcela ponořené. Šířku mají srovnatelnou s šířkou daného toku, nad sebou ohraničují vodu a umožňují její nepřerušovaný tok přes přepadovou hranu (Csiki a Rhoads, 2014).

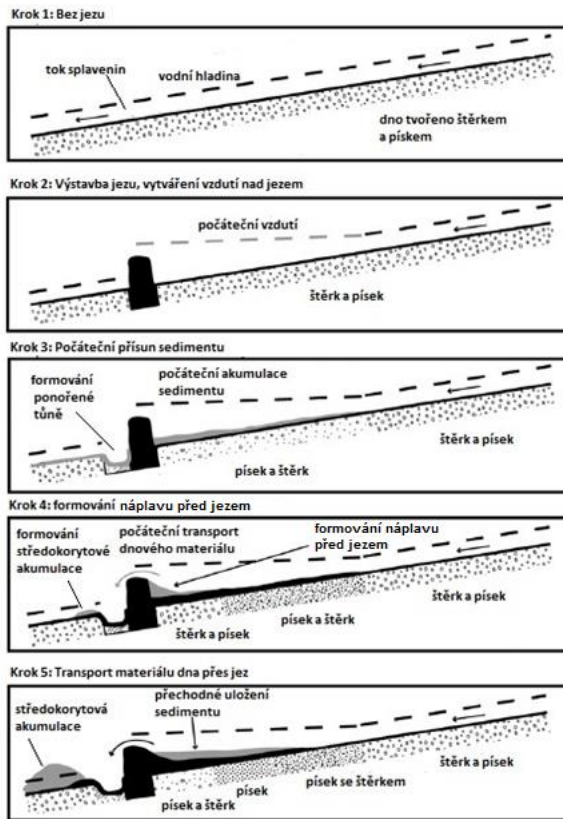
Z různých šetření vlivu jezů na morfologii koryta (tab. 5) vyplývá, že téměř ve všech případech jsou geomorfologické projevy jezů v základních rysech podobné. Nad jezy nebyly pozorovány žádné výrazné akumulační a erozní formy, zatímco pod jezy se často vyskytovaly akumulační fluvialní formy. U erozních fluvialních forem je jejich původ často nejistý a mnohdy ovlivněný spíše lokálními specifickými podmínkami v okolí jezů, než jejich přímým působením.

Tab. 5: Přehled vybrané literatury zabývající se dopady jezů na morfologii koryta.

Zdroj	Jez (řeka, stát)	Charakteristika jezu	Pozorované dopady jezu
Křížek (2008a)	všechny jezy (Sázava, ČR)	X	Rozmístění korytových akumulací a břehových nátrží je značně nerovnoměrné a vázané především na jezy, jejichž efektivní sedimentační vliv dosahuje na Sázavě až do vzdálenosti 60 m. Ve vzdálenosti do 20 m od jezů se nacházely korytové akumulace s normální gradací, zatímco korytové akumulace s opačnou gradací a bez gradace se vyskytovaly ve vzdálenosti 20 – 60 m od jezů. Z hlediska polohy v korytě se do 60 m od jezů nacházely středokorytové akumulace, oproti tomu výskyt postranních korytových akumulací byl zjištěn ve vzdálenosti 100 a více m od jezů. Stejně tak se ve vzdálenosti 20 – 60 metrů od jezů nacházely spíše větší korytové akumulace s šířkou větší než 5 metrů, naopak ve vzdálenosti 100 metrů se nacházely hlavně korytové akumulace s šířkou do 3 metrů
Csiki a Rhoads (2014)	jez Ellsworth Park (Vermilion River, Illinois)	X	Pod jezem se koryto rozšiřuje a prohlubuje.
	jez Vermilion (Vermilion River, Illinois)	X	Bezprostředně pod jezem dochází k erozi se vznikem břehových nátrží, erozi břehů s rozšířením koryta. Dále po toku (cca 100 m) vznikají štěrkové korytové akumulace a zvyšuje se elevace dna.
	jez Effingham (Little Wabash River, Illinois)	X	Pod jezem do vzdálenosti 160 m dochází k erozi toku a koryto je zde širší než nad jezem. Nad jezem se lokálně vyskytují akumulace sedimentu a tůň v zákruzech.
	jez Krape Park (Yellow Creek, Illinois)	X	Pod jezem dochází k náhlému poklesu dna toku s výskytem tůň do vzdálenosti 50 m od jezu, koryto je zde širší.
	POZN. Výše uvedené jezy nevytvářely velké diskontinuity v morfologii koryta a charakteru sedimentu. Nad jezy byl větší podíl materiálu jemnozrné (jíl/silt) a písčité frakce než pod nimi, ale u štěrku byl trend opačný. Z hlediska podélných profilů a hloubek toků se ukázalo, že za jezy nevznikaly žádné výrazné akumulace. Zvýšená erozní činnost pod jezy se projevila pouze u dvou jezů ze čtyř, kde korytové akumulace pod nimi odkláněly tok na přiléhající břehy, a tím docházelo k erozi. Výskyt zvýšené eroze nelze v těchto případech s jistotou přiřadit k výskytu jezů nad nimi, spíše jde o lokální podmínky, specifické pro daná místa, které mají velký vliv na geomorfologickou odezvu daných toků na přítomnost jezů.		
Orr a Koenig (2006)	jez Rockdale (Wisconsin)	výška 3,3 m	Tůň nad jezy jsou vyplněné hrubozrným materiálem překrytým navrch jemnozrnějším materiálem. Pod jezy se nacházejí peřeje s hrubozrnějším materiálem.
	jez Oak Street (Wisconsin)	výška 3,8 m, peřeje	

Roberts et al. (2007)	jez Secor (řeka Ottawa, Ohio)	výška 2,5 m, šířka 17 m	Minimální zachycení sedimentu jezem, minimum jemnozrnného sedimentu zadrženo nad jezem.
Pearson a Pizzuto (2015)	jez Barley Mill Road (Red Clay Creek, Delaware)	výška 2,5 m	Pod jezem vznikla tůň a pod tůní středokorytová akumulace, která má stejné složení materiálu, jako sediment nad jezem v oblasti vzdutí. Množství materiálu uloženého ve středokorytové akumulaci výrazně překračovalo odhadované množství erodované z tůně, proto se další zdrojová oblast sedimentu nachází nad jezem.
	dalších 5 jezů (řeky Red Clay Creek a White Clay Creek, Delaware)	výška 0,9 – 1,8 m	Pod každým z jezů vznikla ve vzdálenosti 16 – 64 m středokorytová akumulace. Zrnitostní frakce korytových akumulací byla velmi podobná zrnitostní frakci sedimentu nad jezem v oblasti vzdutí.

Autoři Pearson a Pizzuto (2015) ve svém výzkumu navrhují pěti stupňový model vývoje podélného profilu u průtočných přehrad a jezů (obr. 13). V počáteční fázi (krok 1) existuje vodní tok s volným a nerušeným transportem vody a sedimentu a přibližně konstantním sklonem dna. V další fázi (krok 2) dochází k výstavbě jezu, formování oblasti vzdutí a snižování sklonu hladiny nad jezem. Snižovaný sklon hladiny vede k akumulaci štěrku a písku v oblasti vzdutí, ale materiál ještě není schopen transportu přes hranu jezu (krok 3). V další fázi (krok 4) se postupně formuje svah z akumulovaného hrubozrnnějšího sedimentu, který poté slouží jako „rampa“ pro transport dnového materiálu. Dnový materiál se postupně transportuje z oblasti vzdutí a pod jezem napomáhá k lokální erozi a vymílání tůně. Rovněž se pod jezem a tůní formuje iniciální středokorytová akumulace. Ve finální fázi (krok 5) se sediment dočasně akumuluje v oblasti vzdutí a posléze je transportován přes hranu jezu. Pod jezem se nachází tůň a vyvinutá středokorytová akumulace z hrubozrnnějšího materiálu, který pochází kromě tůně především z oblasti vzdutí nad jezem.



Obr. 13: Konceptuální model vývoje podélného profilu toku nad a pod jezem. Šedé části značí změnu, která probíhá v rámci daného kroku, zatímco černé části představují prvky vytvořené již dříve. (Krok 1: Situace před výstavbou jezu, krok 2: stavba jezu a formování počátečního vzdutí, krok 3: transport sedimentu do oblasti vzdutí a jeho akumulace před jezem, krok 4: formování náplavu před jezem, počáteční transport dnového sedimentu přes jez, krok 5. transport sedimentu přes jez, dočasná akumulace sedimentu před jezem a ukládání transportovaného sedimentu pod jezem v podobě středokorytové akumulace)(dle Pearson a Pizzuto, 2015, upraveno).

3.3.2.2. Nevhodně dimenzované mosty, mostní pilíře v korytě

Mostní objekty rovněž významně ovlivňují lokální vývoj koryta, kde svým konstrukčním řešením mají vliv na proudění v korytě (Pařílková a Čermáková, 2009). Pokud jsou mosty vhodně dimenzované a správně konstrukčně řešené, to znamená, že i při zvýšených vodních stavech umožňují plynulé proudění vodního toku, tak je jejich vliv minimální. Nejoptimálnější je, pokud se postaví most, který překlenuje řeku bez mostních pilířů, čímž se minimalizuje riziko ucpání mostu zachyceným splaveným materiálem nebo ledem, a který je zároveň postaven s ohledem na dostatečnou výšku hladiny, které může vodní tok dosáhnout při povodni (Balvín, Gabriel et al., 2009). Na druhou stranu se na mnoha místech vyskytují špatně dimenzované mosty, které mohou významně ovlivnit proudění toku a při povodních mohou být místy zvýšené koncentrace geomorfologické činnosti toku. V nejhorsích případech může dojít k jejich poškození, popřípadě destrukci (Pařílková a Čermáková, 2009).

Hydraulické poměry vodního toku jsou v okolí mostu specifické a jsou podrobněji popsány v podkapitole 3.1.4. Obecně dochází u mostních pilířů v důsledku zúžení toku k nárůstu rychlosti proudění a erozi dna a břehů. Důsledkem této činnosti je vznik výmolů ve dně a eroze při březích podél podpěr a za mostními objekty. Opěry mostu mohou vzhledem ke své poloze při bězích vyvolat zpomalení toku.

Dalším nepředvídatelným problémem může být zachycení splavené dřevní hmoty mostními pilíři během normálních vodních stavů nebo povodní. V momentě, kdy dochází k zachycení, se zvyšuje rychlost proudění a tím i eroze. Tento problém může vést v kombinaci se zpětným vzdutím ke zřícení mostního objektu (Hamill, 1999). Často bývá také problematická poloha mostu. Nevhodnější je konstrukce v místě, kde je řeka dobře vyvinutá, stabilní (skalní podloží, aluvia) a nevytváří zákruty.

3.3.2.3. Propustky

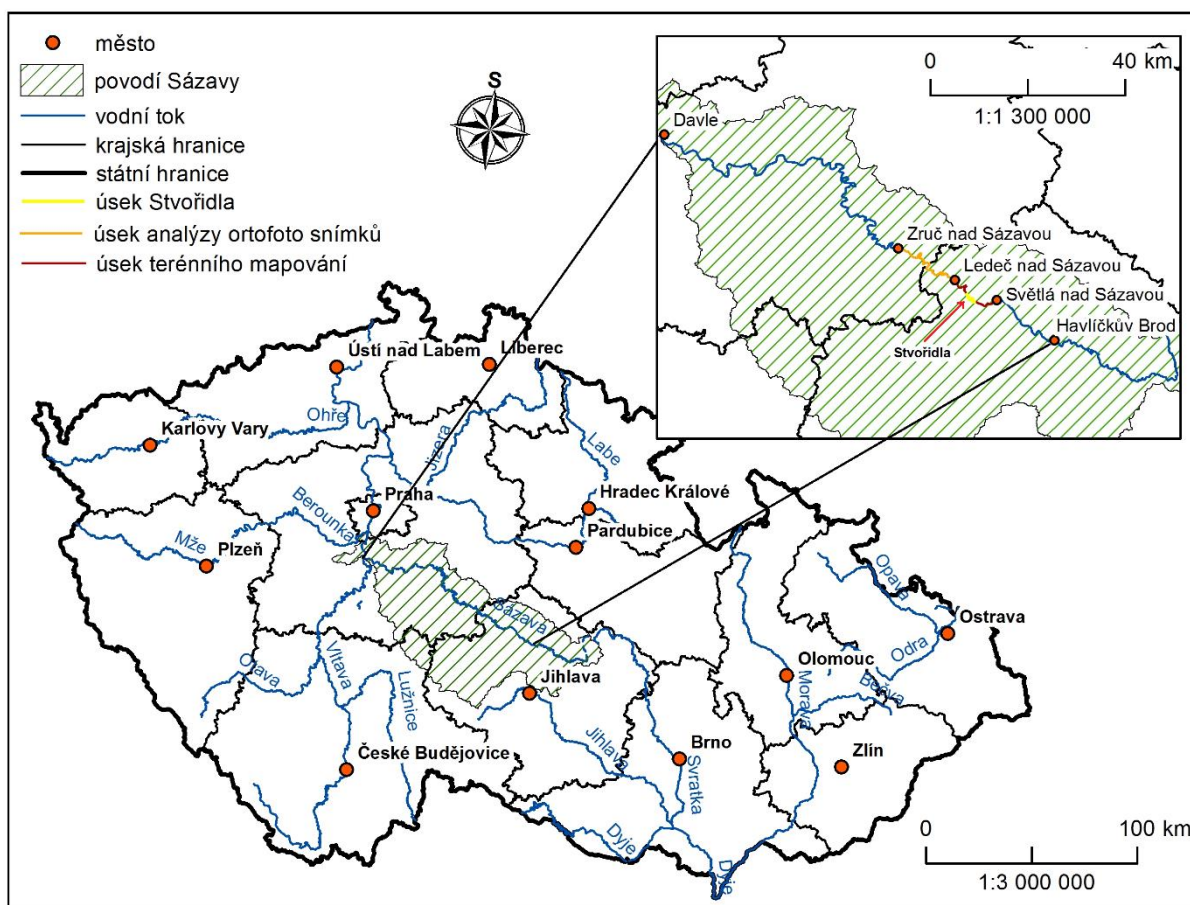
Propustky jsou malé objekty, které mají stálý podélný sklon a provádějí vodu pod zemními tělesy komunikací. Vyskytují se hlavně dva základní typy propustků z hlediska příčného průřezu, a to kruhový a obdélníkový. Nejčastější jsou ty s kruhovým průřezem, ačkoliv z hydraulického hlediska je vhodnější obdélníkový průřez, který má lepší geometrii pro provedení průtoku (Balvín, Gabriel et al., 2009). Režimy proudění před vtokem do propustku, v něm a za výtokem z něj jsou poměrně složité. Nejčastěji se jedná o přechod bystrinného proudění do říčního vodním skokem. Z hydraulického hlediska může být výtok buď pod, nebo nad úroveň hladiny. Prostor za výtokem z propustku se často upravuje za účelem snížení rychlosti vody, která vytéká z propustku. Pokud má vytékající voda říční režim proudění, tak se koryto v místě výtoku a za ním opevňuje za účelem minimalizace erozních účinků. V případě, že má vytékající voda bystrinný charakter, buduje se při výtoku vývar, který tlumí kinetickou energii vytékající vody (Balvín, Gabriel et al., 2009).

4. FG CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍ

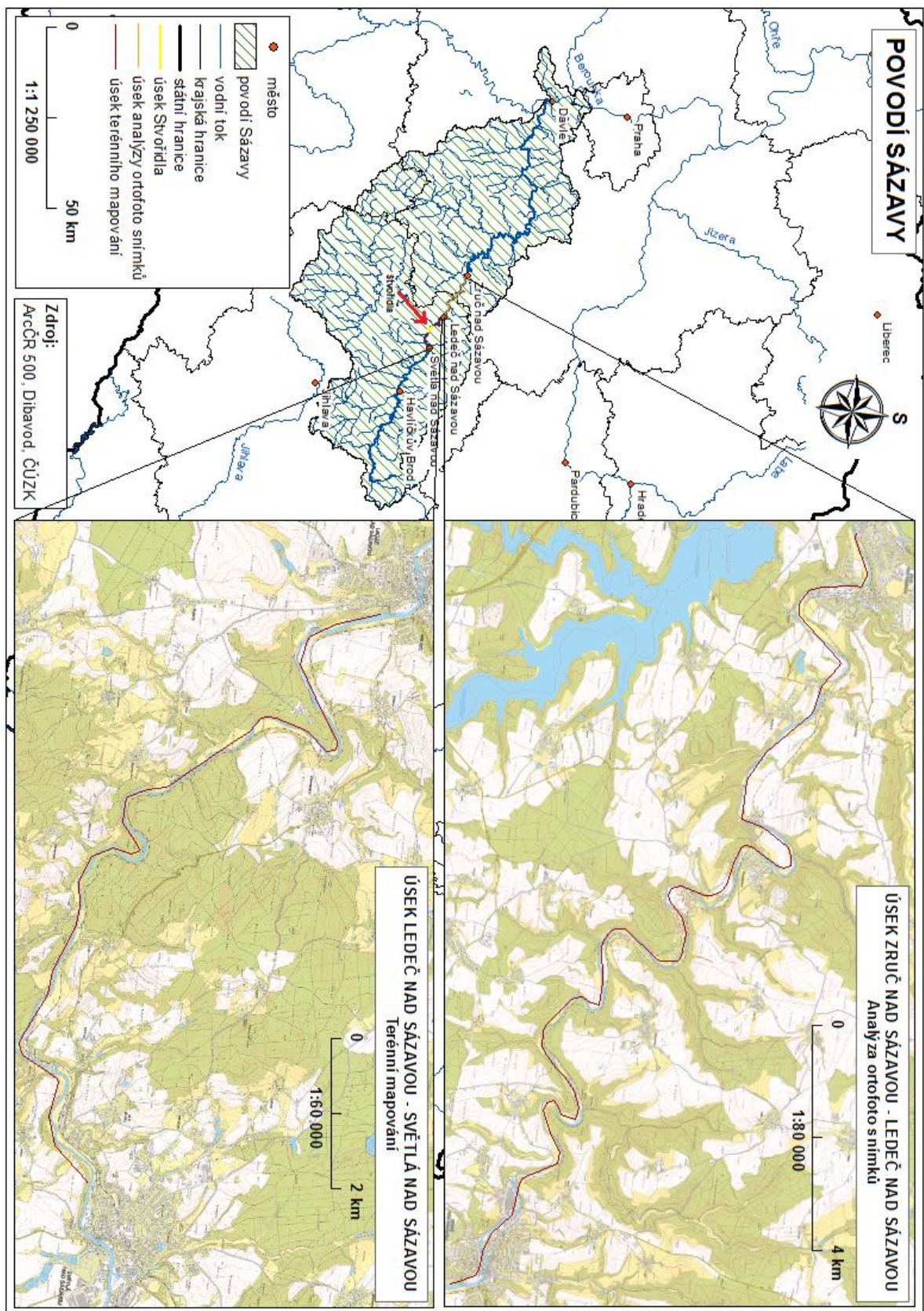
4.1. Sázava

4.1.1. Poloha zájmového území

Zájmový 12 km dlouhý úsek Sázavy se nachází mezi městy Světlá nad Sázavou a Ledec nad Sázavou (mezi 129 - 145 km od pramene) v Českomoravské vrchovině (obr. 14 a 16). Součástí zájmového úseku je přeřinatý úsek Stvořidla, který je součástí stejnojmenné přírodní rezervace.



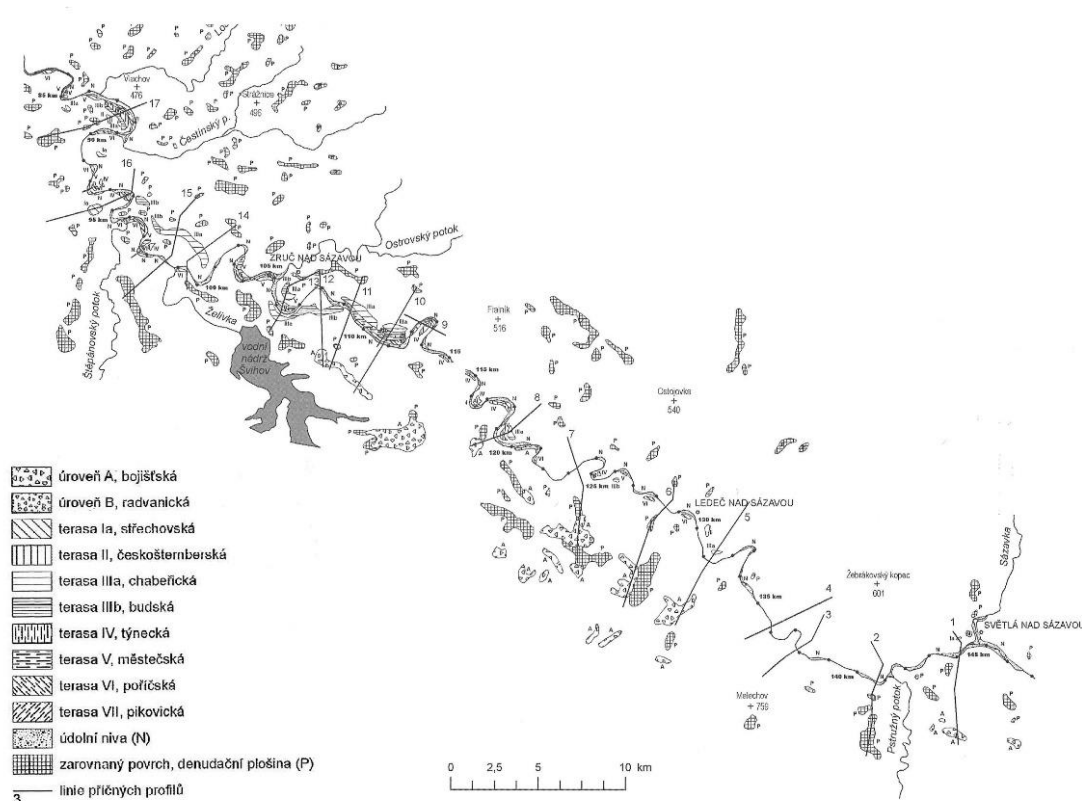
Obr. 14: Lokalizace Sázavy v rámci ČR a vyznačení mapovaných úseků Sázavy (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).



Obr. 15: Povodí Sázavy - úseky analýzy ortofoto snímků a terénního mapování.

4.1.2. Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území

Geologicky je údolí středního toku Sázavy zahloubeno do moldanubického krystalinika. Převládají zde pararuly, místy i migmatizované (u Světlé nad Sázavou). Vzácnější je výskyt erlanů a krystalických vápenců (u Ledče nad Sázavou) nebo žilného granitu apod., které často přetínají údolí Sázavy ve směru JZ - SV (Balatka a Kalvoda, 2010). V zájmovém úseku Sázava protéká melechovským masivem tvořeným různými typy granitů. Melechovský masiv představuje součást centrálního masivu moldanubického plutonu, který je variského stáří (Procházka a Mlčoch, 1998). Údolí řeky je v oblasti Stvořidel hluboké, asymetrické, průlomového charakteru, ale rozevřené. U Bilantovy Lhoty se v nejodolnějším granitu typu Stvořidla vytvořil výrazný údolní zákrut Sázavy (Balatka a Kalvoda, 2010). Údolní niva jakožto nejmladší úroveň terasového systému se vyvinula průběžně podél celého toku Sázavy s výjimkou úseků s větším sklonem podélného profilu. Od Světlé nad Sázavou se údolní niva nachází útržkovitě, její výskyt končí v okolí Bilantovy Lhoty, kde začínají Stvořidla. Od Vlastějovic se opět vytvořila místy údolní niva, která se v úseku mezi Ledčem a Zručí nad Sázavou nachází především v jesebních částech zákrutů (obr. 16) a směrem ke Zručí je její výskyt souvislejší (Balatka a Kalvoda, 2010).



Obr. 16: Schéma rozmístění říčních teras v okolí zájmového úseku Světlá nad Sázavou - Zruč nad Sázavou (dle Balatky a Kalvody, 2010, upraveno).

V úseku mezi Světlou a Ledčem nad Sázavou se rovněž nachází největší mezera ve výskytu terasových šterků, které se jinak na Sázavě zachovaly vzhledem k úzkému příčnému profilu údolí

hlavně ve vyšších úrovních a v malém plošném rozsahu (Balatka a Sládek, 1962). V okolí Ledče se nachází pořičská terasa (VI.) a směrem ke Zručí nad Sázavou přibývá nejmladších teras, které leží v blízkosti údolní nivy (obr. 16). Jedná se především o pořičskou (VI.) a městecskou (V.) terasu. Nejnižší terasa nad údolní nivou, pikovická (VII.), nebyla na středním úseku Sázavy rozlišena, protože pravděpodobně tvoří výplň současného údolního dna pod holocenními povodňovými sedimenty (Balatka a Kalvoda 2010).

Z **geomorfologického** hlediska patří oblast vybraného úseku Posázaví (mezi Světlou nad Sázavou, Ledčem nad Sázavou až Zručí nad Sázavou) do Českomoravské vrchoviny (tab. 6). Západní část vybraného úseku v okolí Ledče nad Sázavou spadá do okrsku Zručská vrchovina, který leží v SV části Želivské pahorkatiny. Nejvyšším bodem Zručské vrchoviny je Fialník (526 m n. m.) a vrchovina je typická svými prořezanými hlubokými údolními vytvořenými Sázavou, Želivkou a jejich přítoky (Demek /editor/ et al., 1987). Dále se zde vyskytují ostrůvky neogenních sedimentů v plochých sníženinách a krasové jevy v krystalických vápencích, např. jeskyně (Demek /editor/ et al., 1987). Jinak převážná část zájmového úseku směrem na V k Světlé nad Sázavou patří do okrsku Třebětínské pahorkatiny, která se nachází ve východní části Světelské pahorkatiny a nejvyšším bodem je Žebrákovský kopec (601 m n. m.). Třebětínská pahorkatina je členitá, s povrchem ukloněným od S k J. Jsou zde převážně ruly a v JV části pak i žuly. Jinak plochý reliéf rozčleňují zaříznutá údolí pravostranných přítoků Sázavy (Demek /editor/ et al., 1987).

Tab. 6: Geomorfologické členění území protékaného studovaným úsekem Sázavy (dle Balatky a Kalvody (2006) ¹, Demka /editor/ et al. (1987) ²).

Geomorfologické jednotky	
systém	Hercynský systém ¹
subsystém	Hercynská pohoří ¹
provincie	Česká Vysočina ²
soustava	Česko-moravská soustava (II) ²
podsoustava	Českomoravská vrchovina (IIC) ²
celek	Křemešnická vrchovina (IIC-1) ²
	Hornosázavská pahorkatina (IIC-2) ²
podcelek	Želivská pahorkatina (IIC-1C) ²
	Světelská pahorkatina (IIC-2B) ²
okrsek	Zručská vrchovina (IIC-1C-b) ²
	Třebětínská pahorkatina (IIC-2B-b) ²

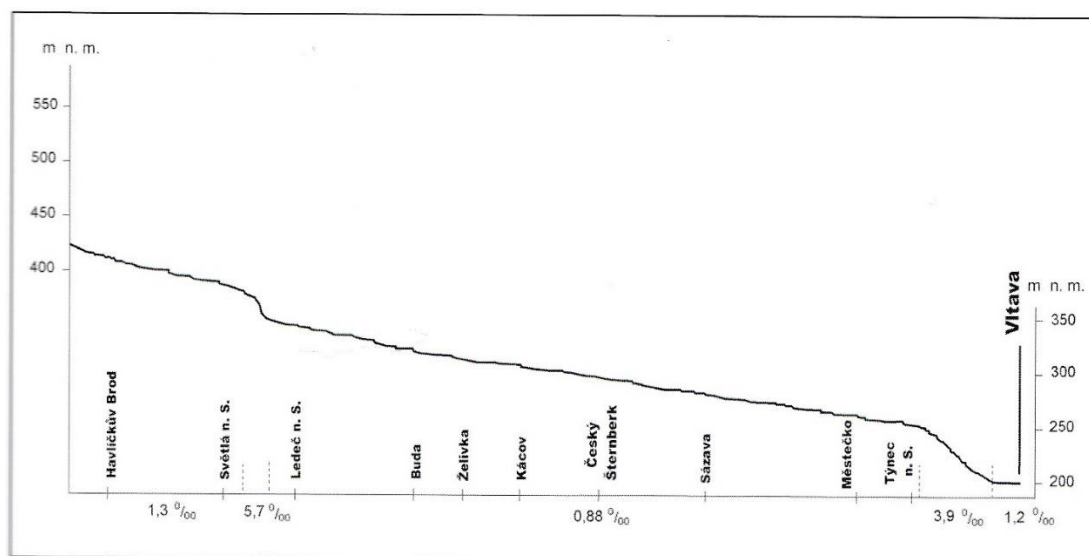
Údolí vodního toku se směrem po toku postupně zhlubuje. Okolí je převážně zalesněné a tok zde má velký spád. Údolí se v okolí Stvořidel zužuje (obr. 17) a dále po toku směrem k Ledči nad Sázavou se tok zklidňuje a je charakteristický četnými jezy (Štefáček, 2008). Mezi Ledčem a Zručí nad Sázavou se podél toku střídají přírodní lesní plochy se zemědělskými

plochami. V zájmovém úseku Světlá nad Sázavou a Zruč nad Sázavou přitéká do Sázavy celkem 45 vodních toků, 22 zleva a 23 zprava. Rozmístění přítoků je celkem rovnoměrné, s větší koncentrací přítoků v okolí Bilantovy Lhoty až Světlé nad Sázavou a v okolí Vilémovic. V oblasti Stvořidel ústí do Sázavy nejméně vodních toků. Nejvíce jich přitéká do Sázavy v úseku mezi Ledčem a Zručí nad Sázavou (27) a vyústění přítoků jsou koncentrována spíše v zákrutech.



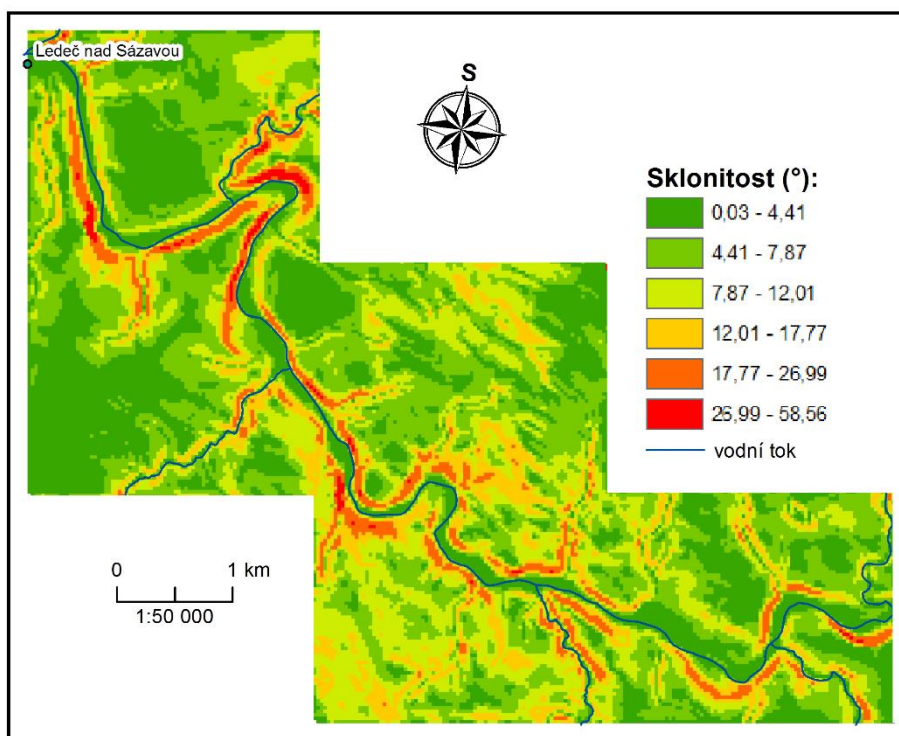
Obr. 17: Zalesněná krajina v oblasti Stvořidel (vlevo) a širší údolí s lesy a zemědělskými plochami mezi Stvořidly a Světlou nad Sázavou (vpravo) (21. 8. 2015).

V úseku mezi Světlou nad Sázavou a Ledčem nad Sázavou má Sázava zvětšený sklon podélného profilu a to 5,72 ‰ (obr. 18). Stupeň byl podmíněn odolným granitovým masivem, který spolu s neotektonickým výzdvihem zastavil vlnu zpětné eroze (Balatka a Kalvoda, 2010), což se projevuje přítomností evorzních tvarů na granitových blocích v korytě Sázavy (Balatka a Sládek, 1977). Nad tímto úsekem i pod ním dosahuje sklon Sázavy nižších hodnot.



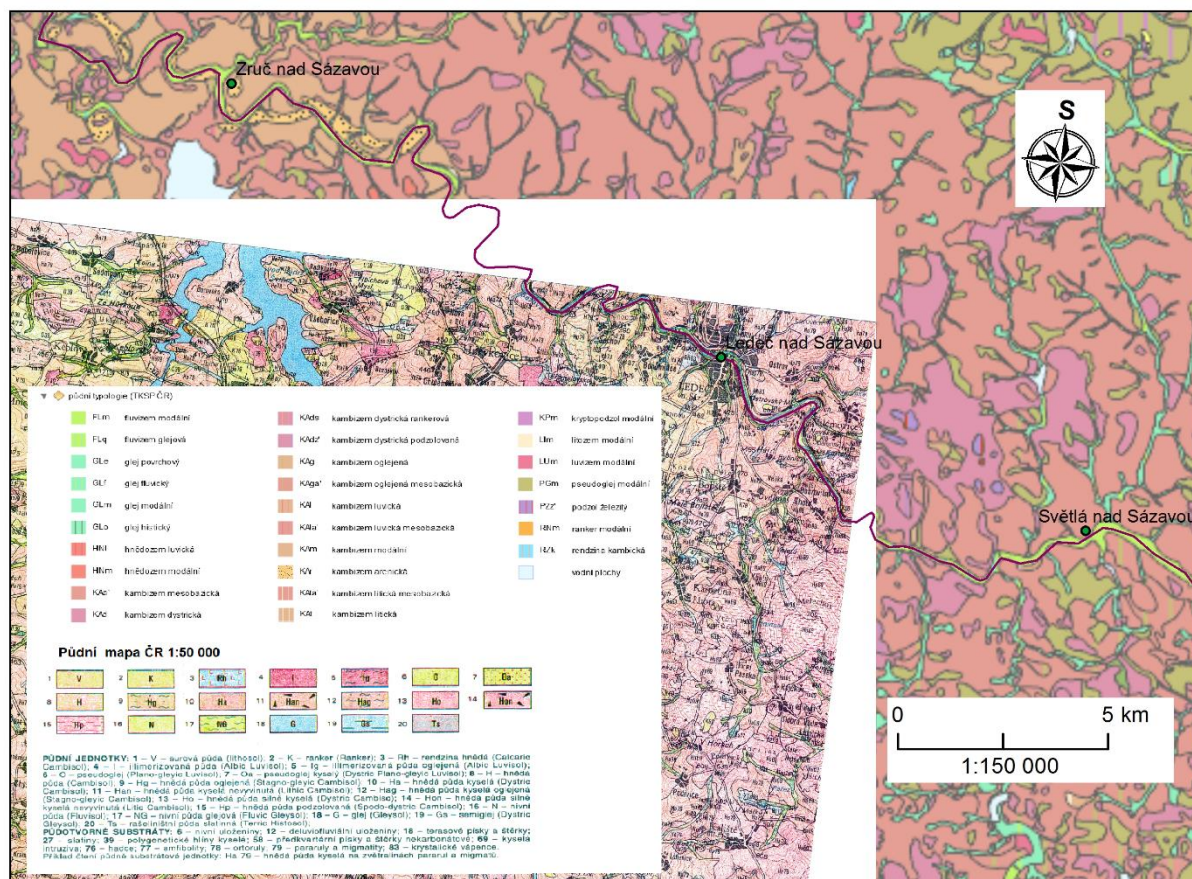
Obr. 18: Podélný profil hladiny Sázavy s výrazným sklonem mezi Světlou a Ledčem nad Sázavou (dle Balatky a Kalvody, 2010).

Údolí Sázavy se ve směru toku postupně zahlubuje ze 40 m až k 70 - ti metrům v oblasti Stvořidel, kde má údolí toku relativně sevřený příčný profil (Balatka a Kalvoda, 2010). Směrem od Ledče ke Zručí nad Sázavou se údolí Sázavy vyznačuje výraznějšími údolními zákruty až meandry, kde nárazové svahy zákrutů jsou až 60 – 80 m vysoké a údolí je zahloubeno 110 – 135 m do plošin tvořených miocenními sedimenty (Balatka a Kalvoda 2010). Sklon údolních svahů dosahuje hodnot od 0,03° až po 58,56°. Z obr. 19 je vidět, že v oblasti Stvořidel dosahuje sklon svahů nejvyšších hodnot, které se směrem k Ledči nad Sázavou a Světlé nad Sázavou zmírňují.



Obr. 19: Sklonitost v okolí mapovaného úseku mezi Ledčem nad Sázavou a Světlou nad Sázavou.

Z pohledu **pedologického** se v nivě zájmového úseku nachází nivní půdy, především fluvizem modální a pak místy (především v oblasti Stvořidel) fluvizem glejová. Na přítocích vodních toků se nachází glej modální a fluvická (obr. 20). Na tyto půdy navazují na svazích údolí a v okolí vodního toku především hnědé půdy (kambizemě), rankery, litozemě, rendziny a pseudogleje (ČGS, 2016a). Kambizemě se vyskytují zejména ve členitém reliéfu a na terasových štěrcích a píscích, zatímco surové půdy neboli litozemě se nejčastěji vyskytují v místech, kde skalní podloží vystupuje blízko k povrchu (např. hrany ostře zaklesnutých říčních údolí) se specifickým rostlinným krytem (Tomášek, 2007). V tomto případě se rankery a litozemě nacházejí na nejstrmějších svazích v údolí Sázavy (Culek et al., 2013).



Obr. 20: Půdní typy a jednotky v zájmovém úseku Sázavy (Zdroj: ČGS, 2016a, Půdní mapa ČR 1:50 000, Pozn.: Obrázek je tvořen kombinací půdních map dostupných online přes ČGS (2016a) a oskenovaných Půdních map ČR 1:50 000, v bílých místech na mapě nebyla data k dispozici.).

4.1.3. Klimatická a hydrologická charakteristika území

Klimaticky patří vybraná oblast Posázaví do mírně teplé klimatické oblasti MT7 dle Quittovy klasifikace (tab. 7) (Tolasz et al., 2007). Podle Köppenovy klasifikace se dané území řadí do klimatické oblasti Cfb. Jedná se o mírně teplé klima se srážkami rovnoměrně rozloženými během celého roku (Tolasz et al., 2007). Průměrná roční teplota vzduchu je v povodí Sázavy 5 – 7° C a průměrný úhrn srážek je 600 – 800 mm (Povodí Vltavy, 2009). Z toho připadá na vegetační období 400 – 450 mm a zimní období 250 – 300 mm (Tolasz et al., 2007). Ve výraznějších údolích se projevují teplotní inverze (Culek et al., 2013).

Tab. 7: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Sázavy. Pozn. Žlutě je označen den mapování na Sázavě.

Vybrané klimatické charakteristiky studované lokality dle Quitta (Tolasz et al., 2007)						
oblast		mírně teplá (MT7)				
počet letních dnů		30 – 40				
počet mrazových dnů		110 – 130				
počet ledových dnů		40 – 50				
průměrná teplota v lednu (°C)		-2 - -3				
průměrná teplota v červenci (°C)		16 – 17				
počet dnů se sněhovou pokrývkou		60 – 80				
průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více		100 – 120				
celkový úhrn srážek ve vegetačním období (mm)		400 – 450				
celkový úhrn srážek v zimním období (mm)		250 – 300				
Průměrný měsíční úhrn srážek pro stanici Havlíčkův Brod ve vybraných měsících v roce 2015 (ČHMÚ, 2015b)						
měsíc	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen
průměrný úhrn srážek (mm)	49	23,1	50,1	96,5	27,2	95,1
Průměrný denní úhrn srážek pro stanici Havlíčkův Brod v srpnu 2015 (ČHMÚ, 2015b)						
měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	
8	1	0	8	17	43,6	
8	2	0,1	8	18	15,8	
8	3	1,2	8	19	1	
8	4	0	8	20	0	
8	5	0	8	21	0	
8	6	0	8	22	0	
8	7	0	8	23	0	
8	8	0	8	24	1	
8	9	0	8	25	1	
8	10	0	8	26	0	
8	11	0	8	27	0	
8	12	0	8	28	0	
8	13	0	8	29	0	
8	14	0	8	30	0	
8	15	19,1	8	31	0	
8	16	12,3	-	-	-	

Sázava pramení v CHKO Žďárské vrchy v nadmořské výšce 757 m n. m. a poté teče od východu z Českomoravské vrchoviny směrem na západ do středních Čech, kde u Davle ústí zprava do Vltavy v nadmořské výšce 200 m n. m. Délka toku je 224,6 km, plocha povodí 4349,2 km² a průtok u ústí je 25,2 m³/s (Štefáček, 2008). V tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty vodních stavů a průtoků dvou hlásných profilů v blízkosti mapovaného úseku.

Tab. 8: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybraný úsek Sázavy mezi Světlou nad Sázavou a Ledčem nad Sázavou.

Vodní stavy a průtoky ¹ – ČHMÚ, 2014, ² – Povodí Vltavy, 2014, ³ – ČHMÚ, 2015a)												
Hlásný profil č. 143 – Světlá nad Sázavou						Hlásný profil č. 144 – Zruč nad Sázavou						
průměrný roční stav ¹	70 cm					průměrný roční stav ¹	95 cm					
průměrný roční průtok ¹	8,17 m ³ /s					průměrný roční průtok ¹	9,92 m ³ /s					
nízký průtok (Q ₃₅₅) ²	1,10 m ³ /s					nízký průtok (Q ₃₅₅) ²	- m ³ /s					
dlouhodobý průměrný průtok (Q _{a-1981-2010}) ³	7,32 m ³ /s											
průměrný roční průtok v roce 2015 ³	5,37 m ³ /s											
N-leté průtoky (Q _N) v m ³ /s (ČHMÚ, 2014) (Světlá nad Sázavou, Zruč nad Sázavou)												
N	1		5		10		50		100			
Q _N	75,0	89,2	142	166	174	202	254	294	292	336		
ČHMÚ – data za hlásný profil č. 143 – stanice Světlá nad Sázavou (umístěný 200 m pod silničním mostem při levém břehu) - data za hlásný profil č. 144 – stanice Zruč nad Sázavou (umístěný na úpatí silničního mostu při levém břehu)												
Průměrné měsíční průtoky a vodní stavy v roce 2015 pro hlásný profil č. 143 (ČHMÚ, 2015a)												
měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Q (m ³ /s)	15,8	7,41	6,89	9,51	3,82	2,75	1,36	1,8	1,4	2,43	4,61	6,64
VS (cm)	78	55	53	61	39	32	23	23	23	29	41	50
Okamžitý vodní stav v době mapování												
datum	hlásný profil					vodní stav			% podíl výšky hladiny v době mapování vzhledem k průměrnému ročnímu vodnímu stavu			
21. 8. 2015	Světlá nad Sázavou					32 cm			45, 7 %			
	Zruč nad Sázavou					72 cm			75, 8 %			

4.1.4. Biogeografická charakteristika území

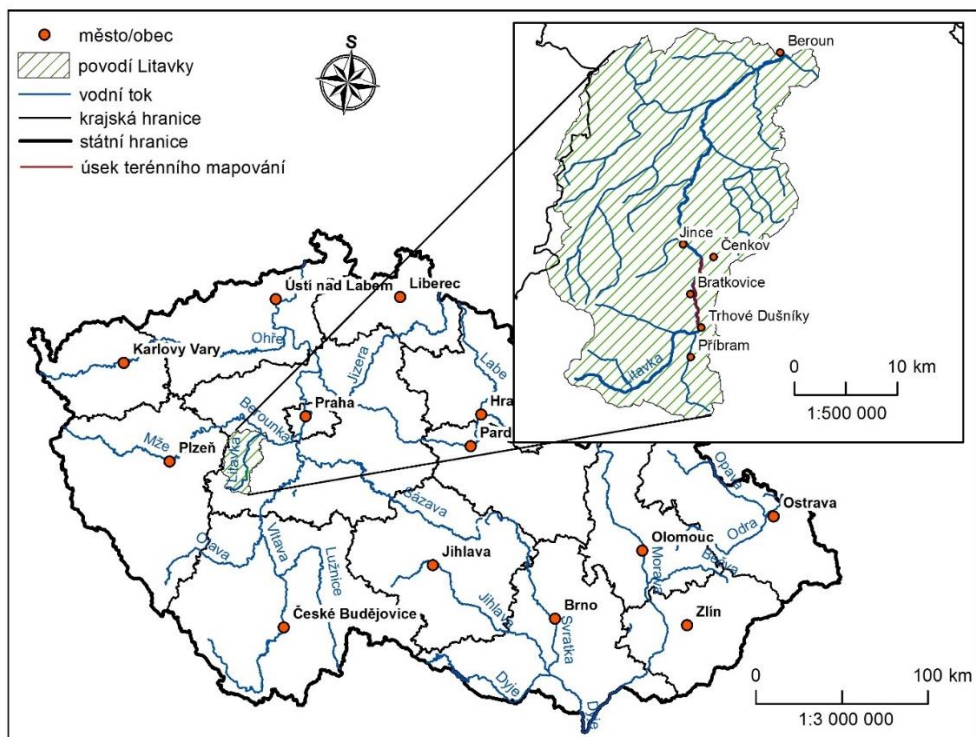
Z bioregionů uvedených autory Culek et al. (2013) spadá zájmová oblast do dvou bioregionů a to do Posázavského (okolí Ledče nad Sázavou) a Havlíčkobrodského (převážná část území směrem k Světlé nad Sázavou). V zájmové oblasti jsou významným chráněným územím PR Stvořidla, která chrání balvanité řečiště Sázavy s přilehlou nivou a okolními lesy.

Z hlediska **vegetace** převažuje v daném území bukový vegetační stupeň (80 %), dále pak dubovo-bukový (20 %). Lesní porosty pokrývají přibližně 27 % rozlohy a jsou tvořeny zejména kulturami smrku a případně s příměsí borovice v nižších polohách. Oproti tomu nelesní plochy se intenzivně zemědělsky využívají, především jako pole. Jinak je květena této oblasti vlivem nevápených hornin poměrně jednotvárná. Bylinné patro je zde reprezentováno hlavně mezofilními středoevropskými druhy (Culek et al., 2013). Mimoto se v regionu vyskytuje běžná ochuzená podhorská lesní **fauna** herceynského rázu (Culek et al., 2013).

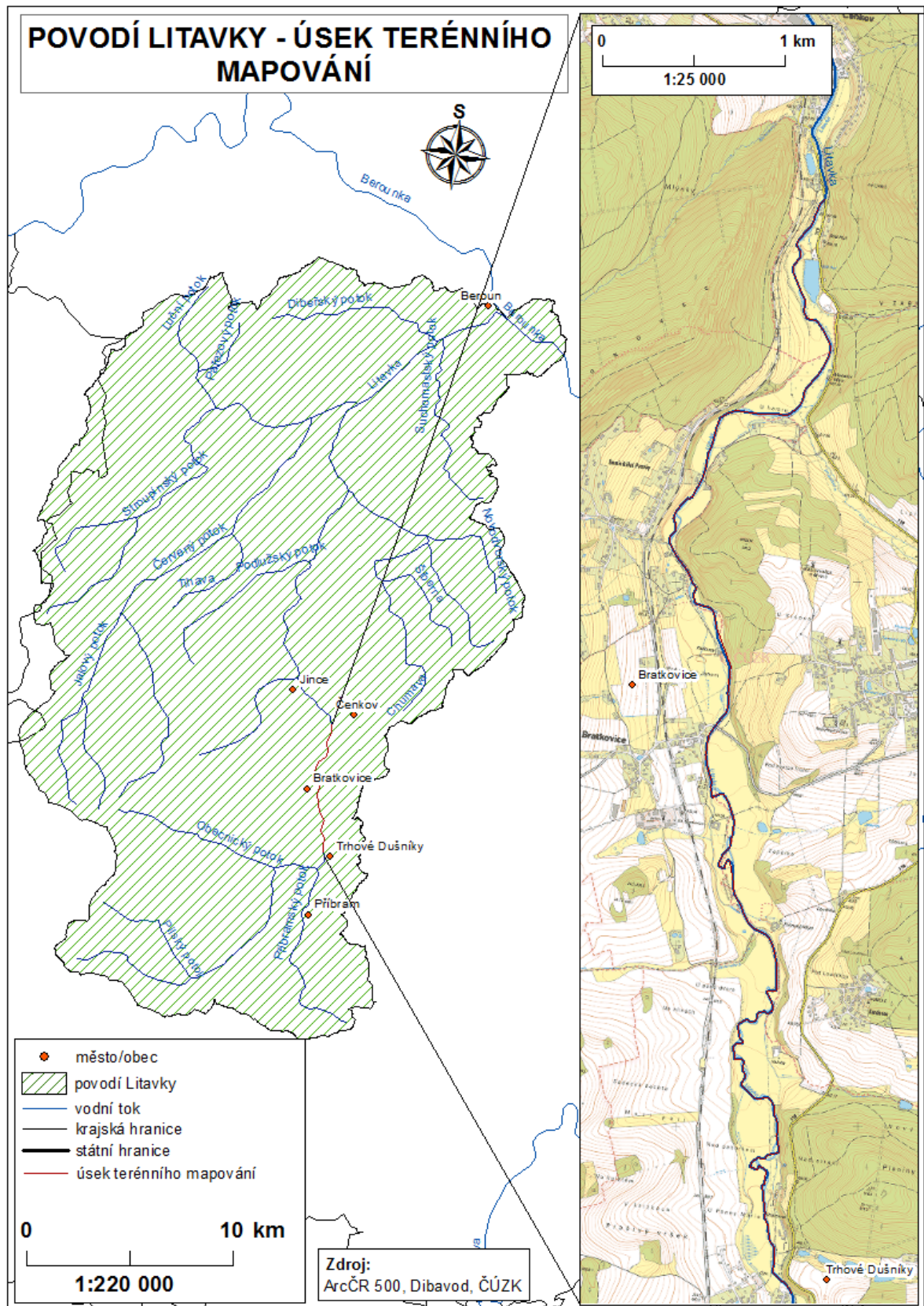
4.2. Litavka

4.2.1. Poloha zájmového území

Zájmový úsek se nachází mezi obcemi Trhové Dušnice a Čenkov (obr. 21 a 22) v Brdech ve Středočeském kraji. Jeho přibližná délka je 12 km.



Obr. 21: Lokalizace Litavky v rámci ČR a vyznačení mapovaného úseku Litavky (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).



Obr. 22: Povodí Litavky a úsek terénního mapování.

4.2.2. Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území

Z **geologického** hlediska je zájmové území součástí Českého masivu, který vznikl variským vrásněním a tvoří jej hlavně horniny prekambriického a paleozoického stáří. Oblast spadá do Barrandienu, zejména do kambria brdského. Spodní část zájmového úseku směrem k Příbrami tvoří proterozoické horniny. Zatímco ve svrchní části úseku směrem k Jinci se nachází hlavní sedimentační prostor kambriických hornin v oblasti Brd, které leží diskordantně na podložních zvrásněných proterozoických celcích, a to příbramsko-jinecká pánev (Chlupáč et al., 2011). Pánev, která se nacházela v depresi mezi pásmy kadomského horstva, se ve spodním kambriu rychle vyplnila úlomkovitým materiálem přinášeným vodními toky a bahnotoky z blízké pevniny nekryté vegetačním pokryvem. Poté dno pánve vlivem tektonické aktivity klesalo a tím vznikly tisíce metrů mocné vrstvy (Chlupáč et al., 2011). Převažují zde horniny barrandienského proterozoika a paleozoika jako např. bazalty, droby, arkózy, prachovce, pískovce nebo slepence (ČGS, 2016b). Možný vznik údolí lze vysvětlit tak, že se Litavka nejprve zahlubovala do měkkých pokrývných útvarů, ve kterých postupně vytvářela své koryto a po dalším výzdvihu pohoří se začala postupně zahlubovat i do tvrdých kambriických podložních hornin (Cílek a Ložek, 2005). V nivě Litavky se nachází nivní sedimenty, na které navazují spraše a sprašové hlíny, písky a hlíny z kvartérního období (ČGS, 2016b).

Geomorfologicky se řadí oblast zájmového úseku Litavky do geomorfologického celku Brdské vrchoviny (tab. 9). Severní část zájmového úseku spadá do okrsku Třemošenská vrchovina, který se nachází v SV části Brd a nejvyšším bodem je Tok (865 m n. m.). Je to členitá vrchovina tvořená převážně kambriickými břidlicemi, pískovci, slepenci a křemenci. Vrchovina má charakter strukturně denudačního reliéfu s širokými zaoblenými hřbety v JZ-SV směru, kde se nacházejí četné skalní tvary vzniklé zvětráváním a odnosem (Demek /editor/ et al., 1987). Oproti tomu jižní převážná část zájmového úseku náleží do okrsku Pičínská pahorkatina, který leží ve V části Příbramské pahorkatiny a jeho nejvyšším bodem je Pichce (571 m n. m.). Jedná se o plochou pahorkatinu tvořenou převážně kambriickými pískovci a slepenci. Pahorkatina má charakter mírně zvlněného erozně denudačního reliéfu ukloněného směrem k JV (Demek /editor/ et al., 1987). Eroze se projevuje v podstatě jen v hlubokém údolí Litavky, které odděluje centrální Brdy od Hřebenů. Zde má reliéf charakter ploché hornatiny s výškovou členitostí až 340 metrů (Culek et al., 2013).

Tab. 9: Geomorfologické členění území protékaného studovaným úsekem Litavky (dle Balatky a Kalvody, (2006)¹, Demka /editor/ et al., (1987)²).

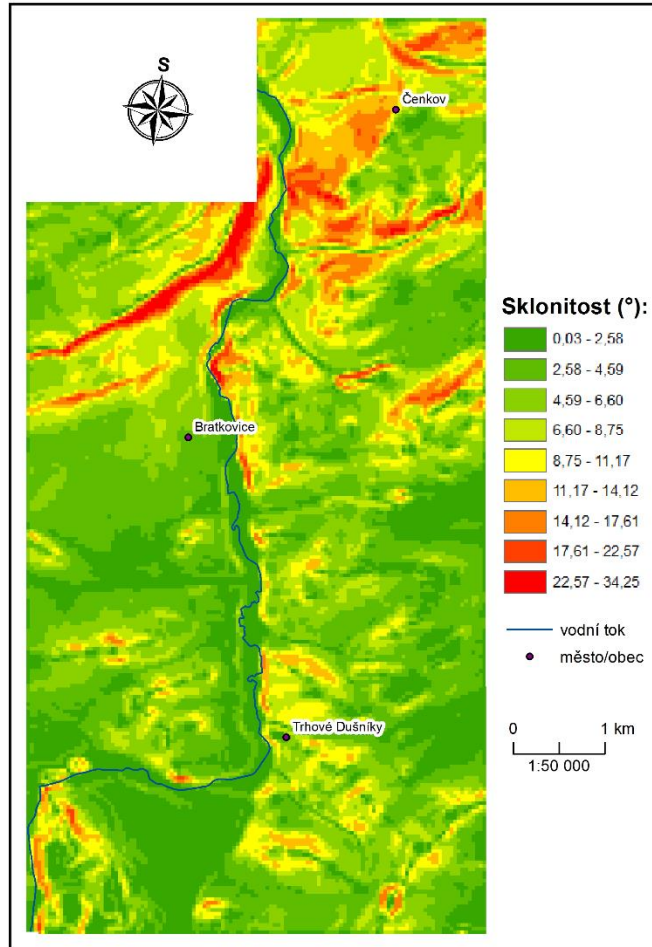
Geomorfologické jednotky	
systém	Hercynský systém ¹
subsystém	Hercynská pohoří ¹
provincie	Česká Vysočina ²
soustava	Poberounská soustava (V) ²
podsoustava	Brdská podsoustava (VA) ²
celek	Brdská vrchovina (VA-5) ²
podcelek	Brdy (VA-5A) ² S
	Příbramská pahorkatina (VA-5C) ² J
okrsek	Třemošenská vrchovina (VA-5A-a) ²
	Pičínská pahorkatina (VA-5C-b) ²
Vysvětlivka: S – severní část vybraného úseku toku J – jižní část vybraného úseku toku	

Litavka protéká převážně zemědělskou krajinou v otevřeném údolí, které se střídavě zužuje na několika místech např. u Dominikálních Pasek (obr. 23) a opětovně otevírá do široké nivy.



Obr. 23: Vlevo - sevřenější údolí u Dominikálních Pasek - Litavka zde má charakter přírodě blízkého koryta s náznaky divočeni, vpravo – pohled na širokou nivu v okolí jezu u Pičínského mlýna (Just, 2015).

V zájmovém úseku je sklon 0,03 – 34,25° (obr. 24) a údolí je zahloubeno v některých částech až 300 metrů a v rovinatějším úseku 130 metrů. Celkově ústí v zájmovém úseku do Litavky osm toků, čtyři zprava a čtyři zleva. Rozmístění přítoků je střídavě s tím, že u Trhových Dušníků přitékají zprava dva potoky, pak ve střední části úseku zleva čtyři potoky a pak až před Čeňkovem jsou další dva přítoky zprava.



Obr. 24: Sklonitost v okolí mapovaného úseku mezi Trhovými Dušňíky a Čenkovem.

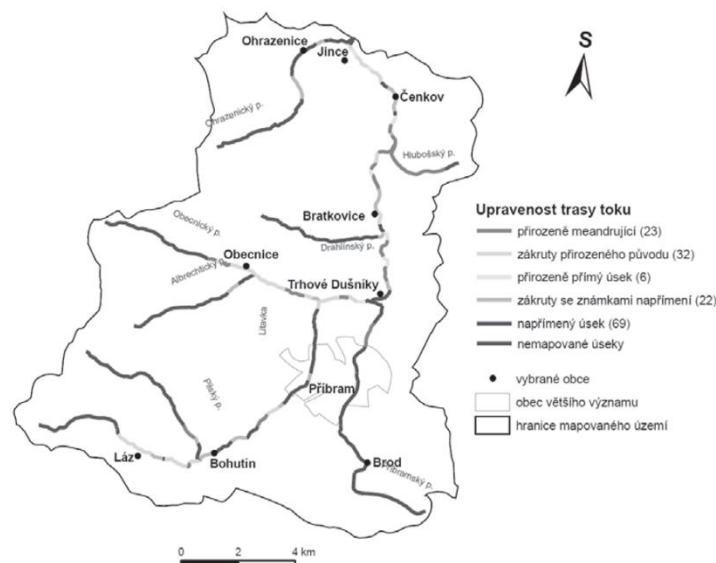
Niva je ve střední části Litavky mezi Čenkovem a Trhovými Dušňíky v naprosté většině nevyužívaná (mimo okolí vesnic) a nachází se zde největší množství přírodních ploch (luk s vysokou trávou) (Taufmannová a Langhammer, 2008), což pravděpodobně souvisí s její vysokou kontaminací toxickými kovy pocházejícími z důlní a průmyslové činnosti v příbramské oblasti (Just, 2015).

Z hlediska charakteru koryta toku je pro Litavku typický velký morfologický kontrast, kde se střídají degradované a technicky upravené úseky s morfologicky živými úseky, které se neustále vyvíjejí a jsou ve středních Čechách poměrně vzácné (Just, 2015). Ve střední části tok protéká většinou nevyužívanými nivami, kde je ponechán prostor volnému pohybu toku a vytvářejí se zde zajímavé úseky s přirozenou meandrací (obr. 25). V tomto úseku je nejpatrnější rozsah břehových nátrží i fluviálních akumulčních forem (Taufmannová a Langhammer, 2008). V minulosti byl tento úsek Litavky i její přítoky upraveny, což má za následek, že v současné době je Litavka povodňově hodně aktivní (Just, 2015).



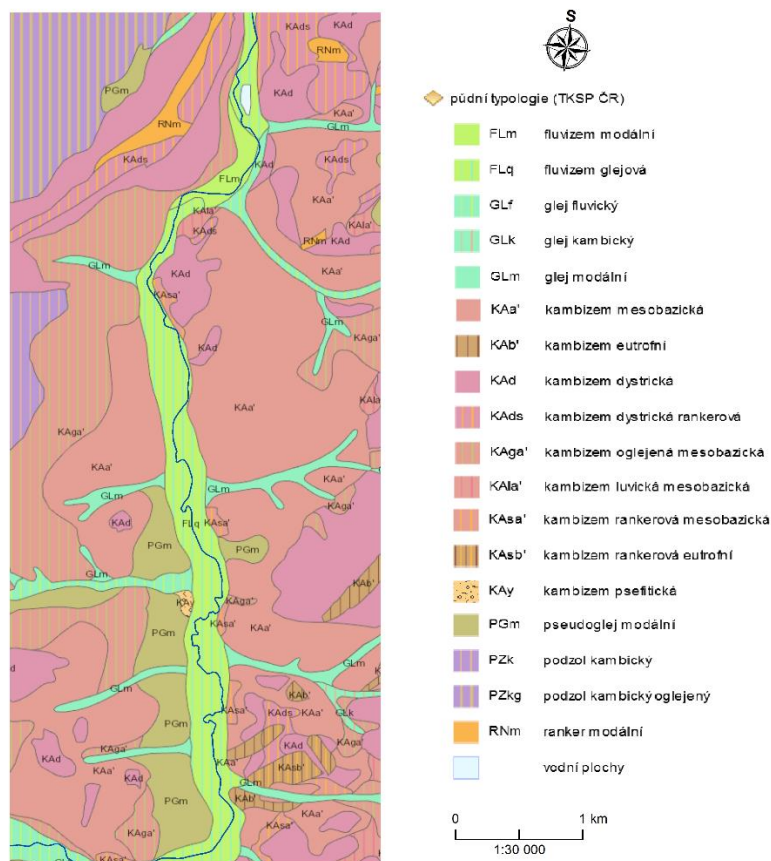
Obr. 25: Ukázky středního úseku Litavky s přirozenou meandrací - v této části je typický výskyt dlouhých a vysokých břehových nátrží a dalších zajímavých fluvialně morfologických forem (Just, 2015).

Z celkové délky toku bylo v různé intenzitě v minulosti upraveno 88 % toku (Taufmannová a Laghammer, 2008). V zájmovém úseku se nikde podél toku nenacházejí valy a obdobné úpravy příbřežní zóny a převažuje zde výskyt přírodního koryta bez antropogenních zásahů (obr. 26, Taufmannová a Langhammer, 2008). Pouze místy bylo koryto, v místech kde protéká vesnicemi, zpevněno záhozem popř. betonem. Mezi Dominikálními Paseky a Čeňkovem jsou dosud patrné porušené zbytky záhozu a víceúrovňového příčného profilu koryta (vytvořeného povodněmi).



Obr. 26: Schéma upravenosti úseků v horním povodí Litavky, ve kterém se nachází i zájmový úsek Trhové Dušnice - Čeňkov (Taufmannová a Langhammer, 2008).

Z **pedologického** hlediska se v zájmovém území nachází zejména fluvizemě, na které navazují na přítocích menších vodních toků gleje a dále od vlastního toku Litavky pak pseudogleje a kambizemě (obr. 27) (ČGS, 2016a).



Obr. 27: Půdní typy v zájmovém úseku Litavky (Zdroj: ČGS, 2016a).

Kambizemě se vyskytují zejména ve členitém reliéfu a na terasových štěrcích a píscích, které se nacházejí hlavně v nížinných a rovinatějších polohách. Pseudogleje se nejvíce vyskytují v málo členitém terénu (plošiny, depresní polohy) a hlavním procesem je oglejení (Tomášek, 2007).

4.2.3. Klimatická a hydrologická charakteristika území

Klimaticky patří vybraná oblast Litavky do mírně teplé klimatické oblasti MT7 (tab. 10) dle Quittovy klasifikace (Tolász et al., 2007). Podle Köppenovy klasifikace se dané území řadí do klimatické oblasti Cfb. Jedná se o mírně teplé klima se srážkami rovnoměrně rozloženými během celého roku (Tolász et al., 2007). Jinak jsou podnebné poměry v povodí Litavky dány geografickou polohou v JV části povodí Berounky s elevací Středních Brd. Množství srážek je nejvyšší v nejvyšších položených částech Brd a směrem do nižších poloh klesá. Jedná se o mírně vlhkou oblast s ročním rozpětím srážek mezi 550 – 700 mm (Nekut et al., 2005). Celá oblast leží ve srážkovém stínu s průměrnými ročními teplotami 7 – 8 °C (Culek et al., 2013).

Tab. 10: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Litavky. Pozn. Žlutě jsou označeny dny mapování na Litavce.

Vybrané klimatické charakteristiky studované lokality dle Quitta (Tolasz et al., 2007)								
oblast						mírně teplá (MT7)		
počet letních dnů						30 – 40		
počet mrazových dnů						110 – 130		
počet ledových dnů						40 – 50		
průměrná teplota v lednu (°C)						-2 - -3		
průměrná teplota v červenci (°C)						16 – 17		
počet dnů se sněhovou pokrývkou						60 – 80		
průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více						100 – 120		
celkový úhrn srážek ve vegetačním období (mm)						400 – 450		
celkový úhrn srážek v zimním období (mm)						250 – 300		
Průměrný měsíční úhrn srážek pro stanici Příbram ve vybraných měsících v roce 2015 (ČHMÚ, 2015b)								
měsíc	březen		duben		květen	červen	červenec	srpen
průměrný úhrn srážek (mm)	39,4		26,6		42,4	58,5	25,4	31,8
Průměrný denní úhrn srážek pro stanici Příbram v březnu a dubnu 2015 (ČHMÚ, 2015b)								
měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)
3	1	8,8	3	22	0	4	12	0
3	2	0,5	3	23	0	4	13	0,1
3	3	0,1	3	24	0	4	14	0
3	4	0	3	25	0	4	15	0
3	5	0,5	3	26	4,1	4	16	0,1
3	6	0	3	27	0	4	17	0,8
3	7	0	3	28	0	4	18	0,1
3	8	0	3	29	5,9	4	19	0
3	9	0	3	30	3,3	4	20	0
3	10	1,3	3	31	10,2	4	21	0
3	11	0	4	1	2,5	4	22	7,8
3	12	0	4	2	2,8	4	23	0
3	13	0,2	4	3	0	4	24	0
3	14	3,9	4	4	0	4	25	1,1
3	15	0,2	4	5	0	4	26	1,6
3	16	0	4	6	3,1	4	27	0,5
3	17	0	4	7	0	4	28	4,5
3	18	0	4	8	0	4	29	0
3	19	0	4	9	0	4	30	1,6
3	20	0	4	10	0	-	-	-
3	21	0,4	4	11	0	-	-	-

Hydrologicky patří Litavka do povodí Vltavy a její pramen se nachází v Brdech 2 km SV od obce Nepomuk v nadmořské výšce 765 m n. m. Litavka je pravostranným přítokem Berounky, do které ústí v Berouně v nadmořské výšce 218 m n. m. Tok je dlouhý 54,6 km a plocha povodí je 629,4 km² (Štefáček, 2008). Řeka je vodohospodářsky významná a její průměrný průtok u ústí je

2,71 m³/s. Po celé délce do ní přitékají pouze dva toky a to Chumava a Červený potok. Z východních svahů Brd teče Litavka nejprve k SV, potom od Příbrami do Zdic teče na sever a poté směřuje opět SV směrem až k ústí do Berounky (Štefáček, 2008). Pro Litavku je typický široký poměr mezi normálními a povodňovými průtoky a často se zde vyskytují větší povodně (Just, 2015). Tabulka 11 uvádí jednotlivé vodní stavy a průtoky pro hlásné profily Příbram a Čeňkov, které ohraničují mapovaný úsek.

Tab. 11: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybraný úsek Litavky mezi Trhovými Dušníky a Čeňkovem.

Vodní stavy a průtoky (¹ – ČHMÚ, 2014, ² – Povodí Vltavy, 2014, ³ – ČHMÚ, 2015a)												
Hlásný profil č. 199 - Příbram						Hlásný profil č. 200 – Čeňkov						
průměrný roční stav ¹	-					průměrný roční stav ¹	25 cm					
průměrný roční průtok ¹	0,280 m ³ /s					průměrný roční průtok ¹	0,860 m ³ /s					
nízký průtok (Q ₃₅₅) ²	0,035 m ³ /s					nízký průtok (Q ₃₅₅) ²	0,107 m ³ /s					
						dlouhodobý průměrný průtok (Q _{a-1981-2010}) ³	0,911 m ³ /s					
						průměrný roční průtok v roce 2015 ³	0,641 m ³ /s					
N-leté průtoky (Q _N) v m ³ /s (ČHMÚ, 2014) (Příbram, Čeňkov)												
N	1		5		10		50		100			
Q _N	4,30	10,3	12,8	31,8	18,1	45,5	34,7	89,2	44,0	114		
ČHMÚ – data za hlásný profil č. 199 – stanice Příbram (umístěný nad mostem u hřiště Dukla Příbram při pravém břehu) - data za hlásný profil č. 200 – stanice Čeňkov (umístěný u vjezdu do továrny při levém břehu)												
Průměrné měsíční průtoky a vodní stavy v roce 2015 pro hlásný profil č. 200 (ČHMÚ, 2015a)												
měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Q (m ³ /s)	1,56	0,8	0,859	1,05	0,509	0,409	0,251	0,186	0,176	0,322	0,555	1,02
VS (cm)	22	17	19	21	17	16	14	13	12	14	15	19
Okamžitý vodní stav v době mapování												
datum	hlásný profil					vodní stav			% podíl výšky hladiny v době mapování vzhledem k průměrnému ročnímu vodnímu stavu			
27. 3. 2015	Čeňkov					18 cm			74 %			
10. 4. 2015	Čeňkov					20 - 22 cm			84 %			
11. 4. 2015	Čeňkov					20 – 21 cm			84 %			
19. 4. 2015	Čeňkov					18 – 19 cm			74 %			

4.2.4. Biogeografická charakteristika území

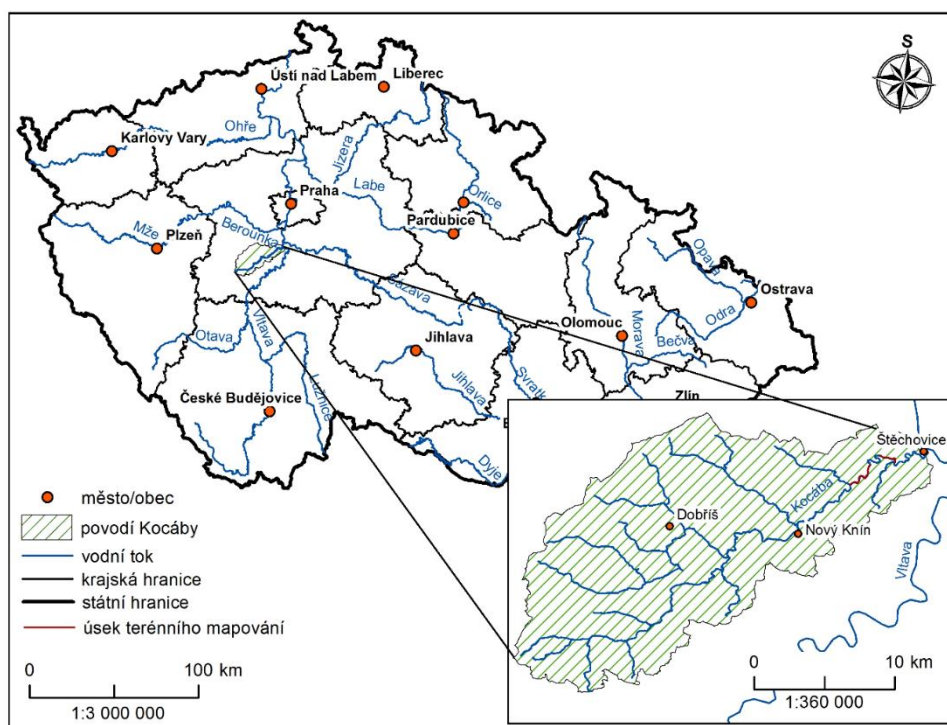
Zájmové údolí Litavky spadá do dvou bioregionů. Horní polovina úseku Litavky směrem k Čeňkovu patří do Brdského bioregionu a spodní polovina směrem k Příbrami do Slapského bioregionu (Culek et al., 2013). V území dominují lesy (72 %), převážně smrkové monokultury a význačné jsou i Padrtské rybníky. Louky i pastviny jsou do značné míry odvodněné (Culek et al., 2013). Západně od zájmového úseku se nacházel vojenský újezd Brdy, který byl zrušen a nyní se tam nachází nově otevřená CHKO Brdy.

Flóra dané oblasti je pestrá, zastoupená především typickou středoevropskou lesní flórou. Vzhledem k tomu, že údolí Litavky je ovlivněno mezoklimatickými poměry, především srážkovým stínem Brd, je teplé a suché se skeletovitými podložím. Z těchto důvodů je zde výrazný floristický a vegetační kontrast vůči Brdům (Sofron et al., 2005). Z hlediska **fauny** lze říci, že Brdská vrchovina a její část Střední Brdy tvoří významné biocentrum pro mnohé rostlinné a živočišné druhy v porovnání s okolní středočeskou kulturní krajinou (Pojer, Absolon et al., 2005). Vyskytuje se zde ochuzená hercynská fauna horských a podhorských lesů (Culek et al., 2013).

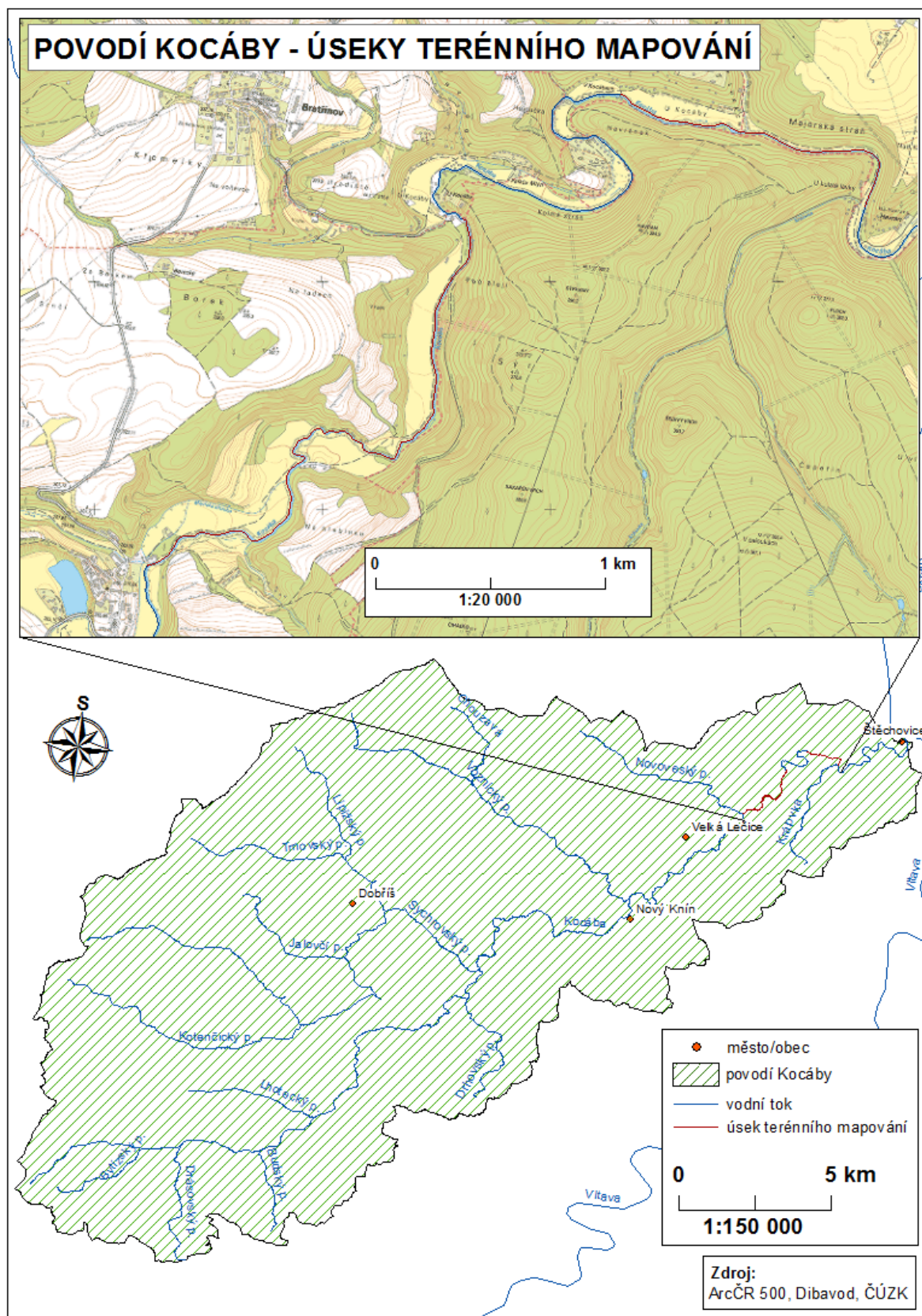
4.3. Kocába

4.3.1. Poloha zájmového území

Zájmový úsek se nachází mezi obcí Malá Lečice a ústím Královky do Kocáby (poblíž Masečína u Štěchovic). Jedná se o cca 8 km dlouhý úsek, který se nachází ve středním až dolním toku Kocáby (obr. 28 a 29).



Obr. 28: Lokalizace Kocáby v rámci ČR a vyznačení mapovaných úseků Kocáby (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).



Obr. 29: Povodí Kocáby a úseky terénního mapování.

4.3.2. Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území

Geologicky je území zájmového úseku Kocáby poměrně pestré. Nachází se zde barrandienské svrchní proterozoikum a místy i středočeský pluton a barrandienské spodní paleozoikum (ČGS, 2016b). Barrandienské svrchní proterozoikum je plošně nejrozsáhlejší a nachází se v převážné části zájmového úseku. Zde jsou převažujícími horninami droby, prachovce a jílovce, které se střídají v různých mocnostech (Mísař et al., 1983). Místy se vyskytuje středočeský pluton s horninami typu gabro, diority, granodiority a tonality (Mísař et al., 1983). Ostrůvkovitě se zde nachází i bazalty a dolerity patřící k horninám barrandienského paleozoika (ČGS, 2016b). V nivě Kocáby se nachází nivní sedimenty, na které navazují při okrajích nivy kamenité, hlinité a písčité sedimenty kvartéru (ČGS, 2016b).

Geomorfologicky patří území zájmového úseku Kocáby do okrsku Štěchovická pahorkatina (tab. 12), který se nachází v JZ části Dobříšské pahorkatiny a nejvyšším bodem je Zelenský (450 m n. m.). Jedná se o členitou pahorkatinu tvořenou proterozoickými břidlicemi a drobnými štěchovického a dobříšského synklinoria. Štěchovická pahorkatina má charakter rozčleněného erozně denudačního reliéfu, který je porušený zlomy ve směru SZ-JV. Nachází se zde strukturní hřbety a suky, hluboce zaříznutá údolí Vltavy, Kocáby, Sázavy a jejich přítoků a rovněž i zbytky neogenních zarovnaných povrchů (Demek /editor/ et al., 1987).

Tab. 12: Geomorfologické členění území protékaného studovanými úseky Kocáby (dle Balatky a Kalvody, (2006) ¹, Demka /editor/ et al., (1987) ²).

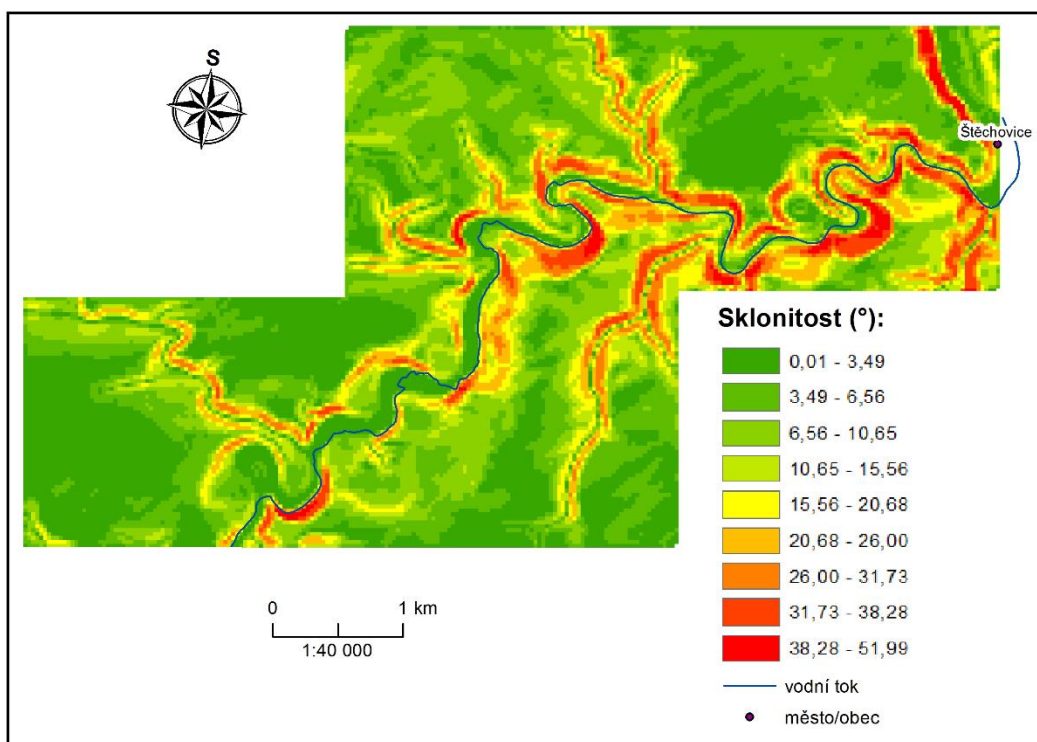
Geomorfologické jednotky	
system	Hercynský systém ¹
subsystém	Hercynská pohoří ¹
provincie	Česká Vysočina ²
soustava	Česko-moravská soustava (II) ²
podstava	Středočeská pahorkatina (IIA) ²
celek	Benešovská pahorkatina (IIA-1) ²
podcelek	Dobříšská pahorkatina (IIA-1A) ²
okrsek	Štěchovická pahorkatina (IIA-1A-c) ²

Od Lečic teče Kocába hlubokou zalesněnou roklí, která se místy rozšiřuje v širší nivu s loukami a pastvinami (obr. 30). V této části má Kocába charakter relativně přirozeného toku, kde se střídají rovnější úseky s výrazně křivolakými úseky. Od hájovny tok protéká chatářskou oblastí a na mnoha místech jej protínají různé lávky a mosty. Zde je tok místy zpevněn plechovými zábranami a jedná se spíše o mírně zvlněný tok. Dolní tok od ústí Královky k ústí Kocáby do Vltavy má charakter technicky upraveného toku (Štefáček, 2008).



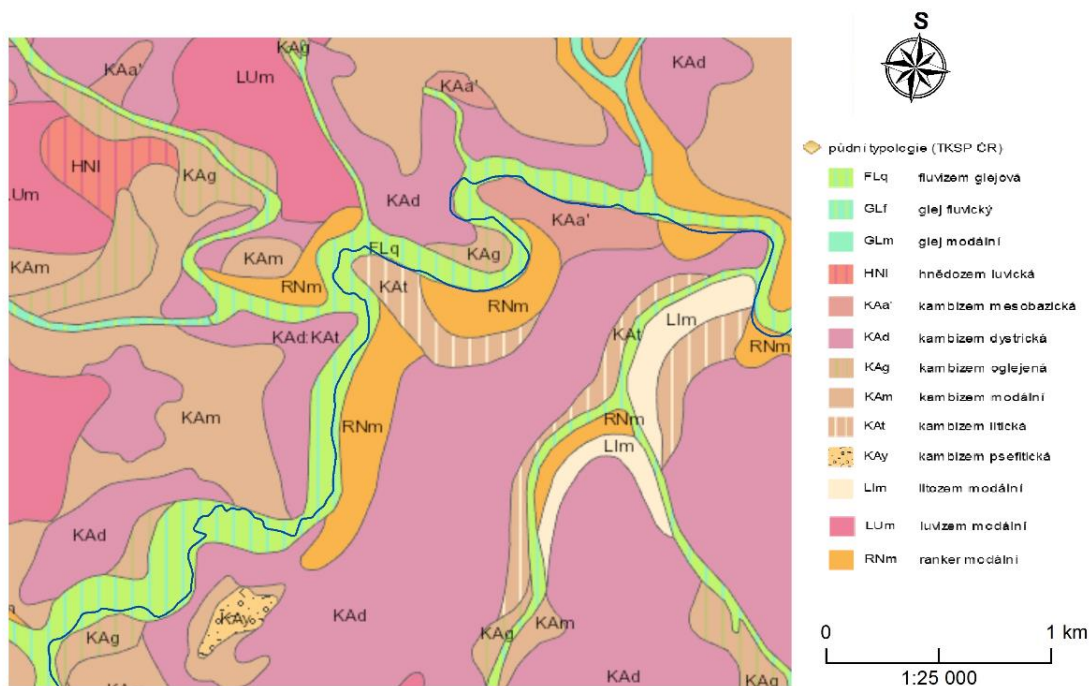
Obr. 30: Širší údolí u Malé Lečice (vlevo) a charakter toku v dolní části u ústí Královky, kde při pravém břehu dosahuje údolní svah až k toku (vpravo)(2. 7. 2015).

Po celé délce zájmového úseku se tok nachází v hlubokém údolí, které se směrem po toku zužuje a u osad má charakter hluboce zaříznuté rokle (až 236 m) a sklon je $0,01 - 52^\circ$ (obr. 31). Mezi Malou Lečicí a ústím Královky přitéká do Kocáby 7 toků, dva zprava a pět zleva. Rozmístění přítoků je značně nerovnoměrné, převažují přítoky zleva a většina přitéká do Kocáby v místech, kde se rovněž nachází chatová zástavba.



Obr. 31: Sklonitost v okolí zájmového úseku mezi Malou Lečicí a ústím Královky.

Z **pedologického** hlediska se v zájmovém úseku Kocáby nachází zejména fluvizem glejová v říční nivě Kocáby, na kterou navazují na svazích údolí různé typy kambizemí a ranker modální (obr. 32) (ČGS, 2016a).



Obr. 32: Půdní typy v zájmovém úseku Kocáby (Zdroj: ČGS, 2016a).

4.3.3. Klimatická a hydrologická charakteristika území

Z klimatického hlediska patří zájmový úsek Kocáby podle Quittovy klasifikace do mírně teplé klimatické oblasti MT11 (tab. 13). Podle Köppenovy klasifikace se dané území řadí do Cfb (Tolasz et al., 2007). Jinak podnebí je v blízkosti Vltavského kaňonu poměrně suché až mírně suché. Průměrná roční teplota pro Štěchovice je 8,3° C s průměrným ročním úhrnem srážek 564 mm (Culek et al., 2013). Směrem k Brdům, kde pramení Kocába, je podnebí vlhčí a chladnější. Zároveň v říčních kaňonech podnebí silně ovlivňují inverze (Culek et al., 2013).

Tab. 13: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Kocáby. Pozn. Žlutě jsou označeny dny mapování na Kocábě.

Vybrané klimatické charakteristiky studované lokality dle Quitta (Tolasz et al., 2007)						
oblast	mírně teplá (MT11)					
počet letních dní	40 – 50					
počet mrazových dní	110 – 130					
počet ledových dní	30 – 40					
průměrná teplota v lednu (°C)	-2 - -3					
průměrná teplota v červenci (°C)	17 – 18					
počet dní se sněhovou pokrývkou	50 – 60					
průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	90 – 100					
celkový úhrn srážek ve vegetačním období (mm)	350 – 400					
celkový úhrn srážek v zimním období (mm)	200 – 250					
Průměrný měsíční úhrn srážek pro stanici Příbram ve vybraných měsících v roce 2015 (ČHMÚ, 2015b)						
měsíc	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen
průměrný úhrn srážek (mm)	39,4	26,6	42,4	58,5	25,4	31,8

Průměrný denní úhrn srážek pro stanici Příbram v červnu a červenci 2015 (ČHMÚ, 2015b)								
měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)
6	1	0,9	6	22	7,2	7	13	0,5
6	2	0	6	23	0,7	7	14	0
6	3	0	6	24	0	7	15	0
6	4	0	6	25	0	7	16	0
6	5	0	6	26	0	7	17	0
6	6	0	6	27	2,1	7	18	0,6
6	7	0	6	28	0,2	7	19	0
6	8	17,1	6	29	0,1	7	20	0
6	9	0,7	6	30	0	7	21	0
6	10	0	7	1	0	7	22	0
6	11	0	7	2	0	7	23	1
6	12	0	7	3	0	7	24	7,8
6	13	2,4	7	4	0	7	25	0,1
6	14	11,9	7	5	1,5	7	26	0,8
6	15	0	7	6	0	7	27	1,6
6	16	0	7	7	7,1	7	28	0,3
6	17	0,2	7	8	1,7	7	29	1
6	18	5,2	7	9	1,2	7	30	0
6	19	4,3	7	10	0	7	31	0
6	20	5,1	7	11	0	-	-	-
6	21	0,4	7	12	0,2	-	-	-

Z **hydrologického** hlediska se jedná o malou říčku, která pramení v Středních Čechách cca 2 km V od Příbrami v nadmořské výšce 537 m n. m. Kocába ústí do Vltavy ve Štěchovicích v nadmořské výšce 198 m n. m. a celková délka toku činí 47,2 km. Plocha povodí je 313 km² a průměrný průtok u ústí je 0,62 m³/s (Štefáček, 2008). V tabulce 14 jsou uvedené vodní stavy a průtoky hlásného profilu Štěchovice, který se nachází poblíž mapovaného úseku.

Tab. 14: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybraný úsek Kocáby mezi Malou Lečicí a ústí Královky.

Vodní stavy a průtoky ¹ – ČHMÚ, 2014, ² – Povodí Vltavy, 2014, ³ – ČHMÚ, 2015a)												
průměrný roční stav ¹	49 cm		(sucho: 34 cm)									
průměrný roční průtok ¹	0,574 m ³ /s		(sucho: 0,094 m ³ /s)									
nízký průtok (Q ₃₅₅) ²	0,120 m ³ /s											
dlouhodobý průměrný průtok (Q _{a-1981-2010}) ³	0,842 m ³ /s											
průměrný roční průtok v roce 2015 ³	0,550 m ³ /s											
N-leté průtoky (Q _N) v m ³ /s (ČHMÚ, 2014)												
N	1	5	10	50	100							
Q _N	13,3	34,2	46,3	81,4	100							
ČHMÚ – data za hlásný profil č. 135 – stanice Štěchovice (umístěný nad pevným jezem ve Štěchovicích při levém břehu)												
Průměrné měsíční průtoky a vodní stavy v roce 2015 pro hlásný profil č. 135 (ČHMÚ, 2015a)												
měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Q (m ³ /s)	1,15	0,833	0,749	0,646	0,465	0,423	0,156	0,194	0,179	0,726	0,444	0,629
VS (cm)	60	55	53	51	46	45	36	37	37	52	45	51
Okamžitý vodní stav v době mapování												
datum	hlásný profil		vodní stav		% podíl výšky hladiny v době mapování vzhledem k průměrnému ročnímu vodnímu stavu							
1. 7. 2015	Štěchovice		40 cm		82 %							
2. 7. 2015	Štěchovice		40 cm		82 %							
3. 7. 2015	Štěchovice		40 cm		82 %							

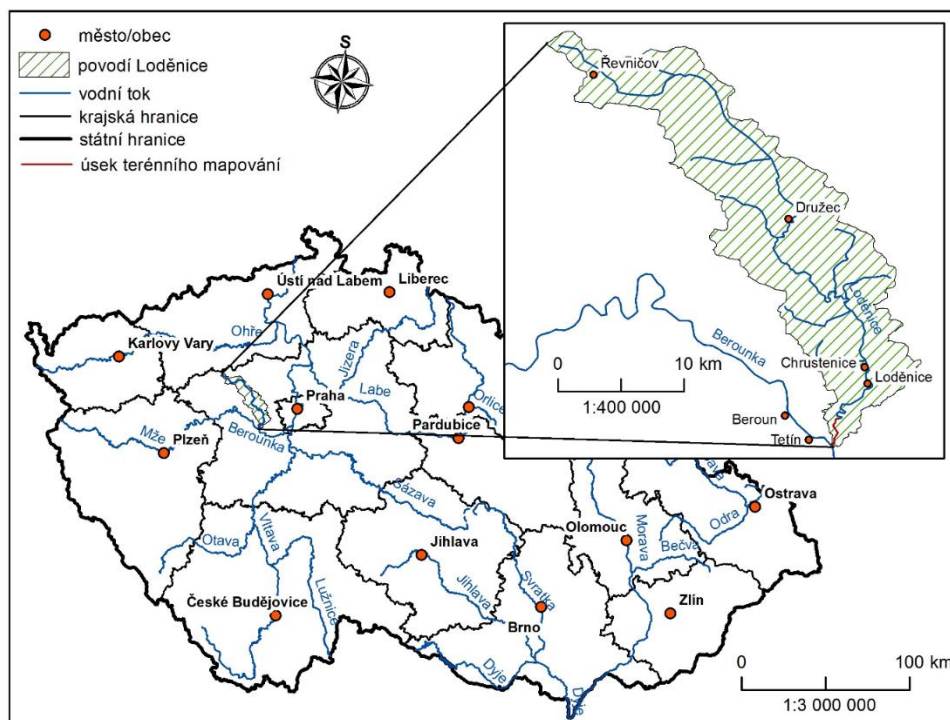
4.3.4. Biogeografická charakteristika území

Celá zájmová oblast spadá do Slapského bioregionu, který leží v mezofytiku. Lesy zaujímají 32 % a zemědělská krajina 53 % rozlohy území. Převažuje zde především orná půda a lesy se zastoupením kulturních borů a smrčín. Dominuje zde dubovo-bukový a bukový vegetační stupeň (Culek et al., 2013). **Flóru** tvoří pestrá škála chorotypů a do bioregionu rovněž zasahuje řada teplomilných submediteránních druhů nebo druhů kontinentálních. Obecně však převažují druhy krajiny, která byla zkulturněna (Culek et al., 2013). Z **fauny** se tu vyskytují běžné středoevropské druhy.

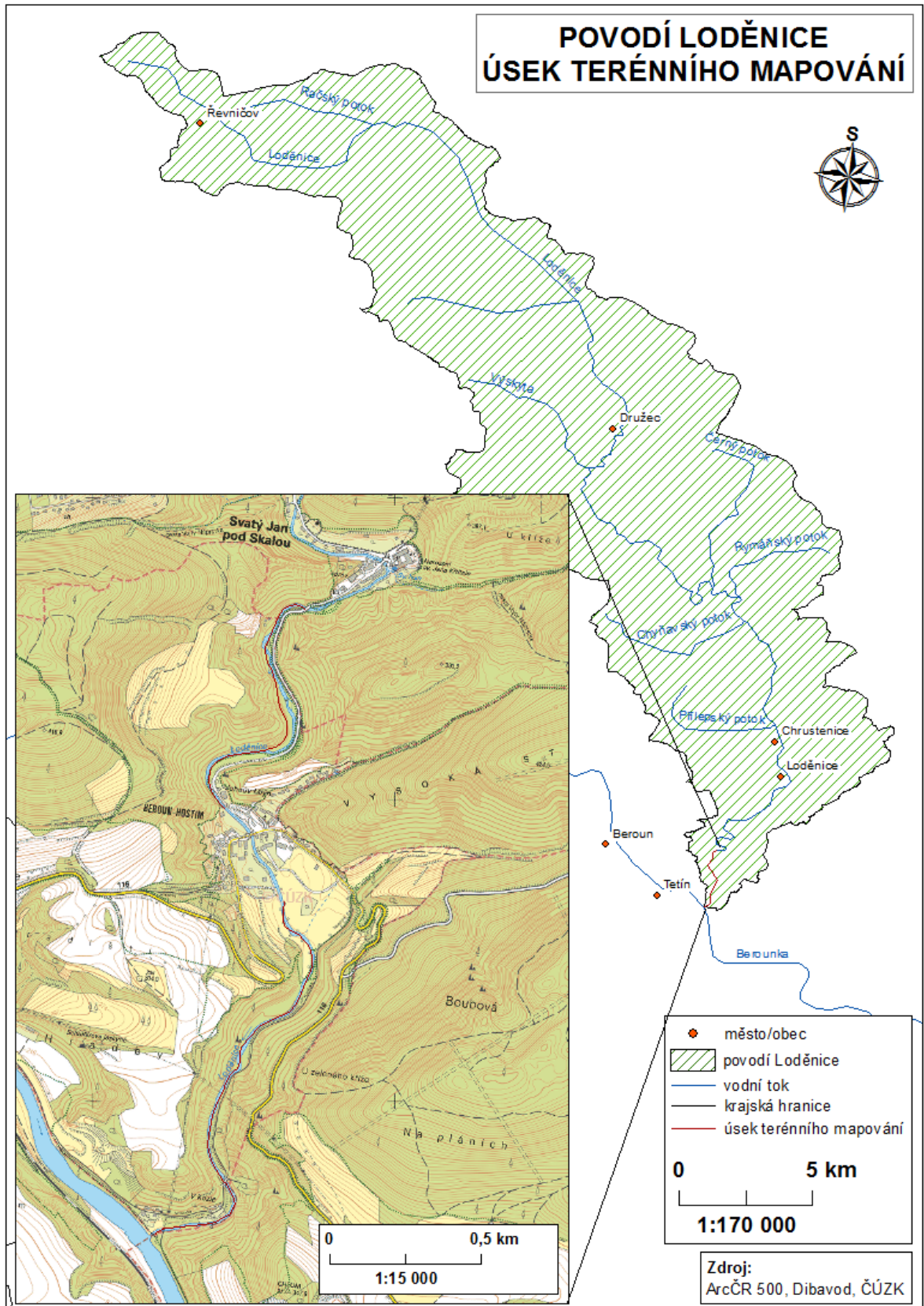
4.4. Loděnice (Kačák)

4.4.1. Poloha zájmového území

Zájmová oblast se rozkládá na území od Sv. Jana pod Skalou až po ústí potoka Loděnice do Berounky cca 20 km JZ od Prahy (obr. 33 a 34). Celá tato oblast patří do CHKO Český Kras a je částečně součástí i NPR Karlštejn. Zdejší vápence a reliéfová pestrost dělají z této oblasti zajímavou lokalitu z hlediska geologie, botaniky, mykologie, entomologie a zoologie (AOPK, 2014).



Obr. 33: Lokalizace Loděnice v rámci ČR a vyznačení mapovaného úseku Loděnice (Zdroje dat: ArcČR 500, Dibavod).



Obr. 34: Povodí Loděnice a úsek terénního mapování.

4.4.2. Geologická, geomorfologická a pedologická charakteristika území

Z **geologického** hlediska je zájmové území tvořeno vápenci, které jsou význačné pro celou oblast Českého Krasu patřícího do Barrandienu. Při postupu proti směru toku od ústí Loděnice k Hostimi se nachází několik starých lomů ve sliveneckých vápencích a nad nimi se nachází loděnické a řeporyjské vápence (Chlupáč, 1999). Zdejší vrásovou stavbu vápenců místy porušují různé poruchy, kde dochází k intenzivnímu zkrasovění vápenců a vzniku dutin popřípadě jeskyň se zvětralinami (Chlupáč, 1999). Dále po cestě směrem k Hostimi pak navazují vyšší stratigrafické jednotky devonu a to vápence zlíchovské a pak před rozevřením údolí jižně od Hostimi vápence chotečské. V rozevřeném údolí se dostáváme do břidličnatých hornin srbského souvrství, které je nejmladší stratigrafickou jednotkou v rámci barrandienského devonu (Chlupáč, 1999). Zatímco od ústí Loděnice k Hostimi jdeme od starších vrstev k mladším, tak od Hostimi směrem ke Sv. Janu pod Skalou se zase postupně dostáváme od mladších vrstev (chotečské vápence) ke starším (kotýské vápence). Údolí Loděnice se v této oblasti hluboce zařezává do silurských a zejména devonských vápenců a vytváří zde typický krasový kaňon (Chlupáč, 1999). Nachází se zde četné krasové jevy a tvary, např. skalní převisy, krasové rokle, jeskyně nebo travertinové kaskády. Významným místem je okolí Svatého Jana pod Skalou na Berounsku, kde se vyskytují holocenní sladkovodní vápence – pěnovce, pokud se usazují z chladných pramenných a tekoucích vod nebo travertiny, pokud prošly nějakou fází diagenese (Chlupáč, 1999). Ve Sv. Janu pod Skalou se nachází významný stratigrafický profil pro období středního a vyššího holocénu. Tento odkryv ve sladkovodních vápencích se nachází poblíž vývěru krasového pramene Ivanka a jeho dosah je až do teplého vlhkého období atlantiku (6 – 8 tis. let před současností) (Chlupáč, 1999). Nad Sv. Janem pod Skalou se nachází vysoká vápencová skalní stěna, jejíž nejvyšší bod se nachází 160 m nad dnem údolí Loděnice. Tvoří ji k JV ukloněné spodnosedonské vápence, podloží tvoří silně dolomitizované vápence tzv. přídolského souvrství, které se nachází na vulkanitech tzv. svatojanského vulkanického centra (Chlupáč, 1999).

Z **geomorfologického** hlediska patří zájmový úsek Loděnice do geomorfologického podcelku Karlštejnská vrchovina (tab. 15), který se nachází v SV části Hořovické pahorkatiny a nejvyšším bodem je Bacín (499 m n. m.). Jedná se o plochou vrchovinu tvořenou silně zvrásněnými silurskými břidlicemi, silurskými a devonskými vápenci. Vrchovina má charakter mírně zvlněného strukturně denudačního reliéfu, který vystupuje svými strmými svahy nad okolní krajinu a je rozčleněn hlubokým kaňonovitým údolím Berounky a jejích přítoků (Demek /editor/ et al., 1987). Nachází se zde četné jeskyně, vápencové lomy a další krasové tvary.

Tab. 15: Geomorfologické členění území protékaného studovanými úseky Loděnice (dle Balatky a Kalvody, (2006) ¹, Demka /editor/ et al., (1987) ²).

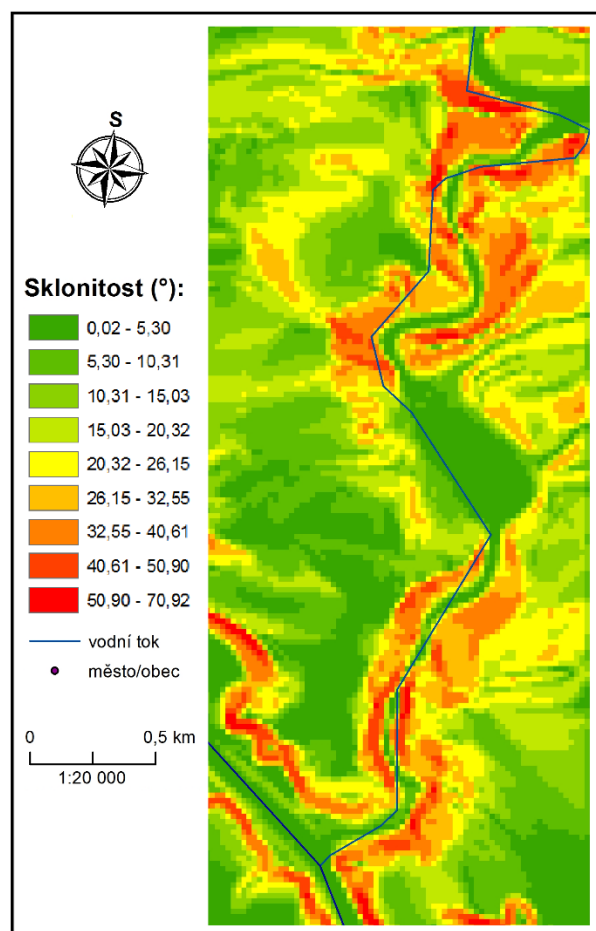
Geomorfologické jednotky	
systém	Hercynský systém ¹
subsystém	Hercynská pohoří ¹
provincie	Česká Vysočina ²
soustava	Poberounská soustava (V) ²
podsoustava	Brdská podsoustava (VA) ²
celek	Hořovická pahorkatina (VA-4) ²
podcelek	Karlštejnská vrchovina (VA-4B) ²
okrsek	-

Loděnice teče směrem k JV a ve spodní části, kde se nachází zájmový úsek, protéká CHKO Český kras a má zde charakter potoka zařízlého do vápencových skal (Štefáček, 2008). V úseku od Svatého Jana pod Skalou až k Hostimi je údolí sevřené a zalesněné (obr. 35), u Hostimi se rozevírá a vytváří širší nivu s loukami, na kterou pod Hostimí opět navazuje hluboce zaříznuté lesnaté údolí (až 227 m zahloubené).



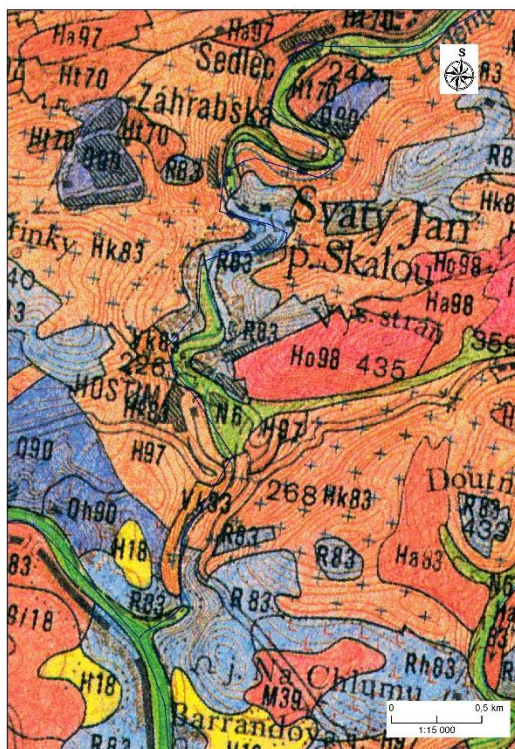
Obr. 35: Loděnice v úseku Hostim - ústí do Berounky (vlevo) a v úseku Hostim - Svatý Jan pod Skalou (vpravo) (29. – 30. 7. 2015).

V mapovaném úseku je sklon 0,02 – 71° (obr. 36) a nepřitéká zde do Loděnice žádný tok.



Obr. 36: Sklonitost v zájmovém úseku Loděnice mezi Svatým Janem pod Skalou a ústím do Berounky.

Z **pedologického** hlediska se nachází v nivě zájmovém úseku v okolí Svatého Jana pod Skalou rendziny na vápencích, které postupně směrem k Hostimi nahrazují nivní půdy. Nivní půdy přecházejí pod Hostimí směrem k ústí Loděnice do Berounky v surové půdy karbonátové (obr. 37). Surové půdy/litozemě se nejčastěji vyskytují v místech, kde skalní podloží vystupuje blízko k povrchu (např. hrany ostře zaklesnutých říčních údolí) se specifickým rostlinným krytem (Tomášek, 2007). Na tyto půdy navazují dále od nivy na svazích údolí hnědé půdy, hnědé půdy karbonátové a hnědé půdy silně kyselé (Půdní mapa ČR 1:50 000).



PŮDNÍ JEDNOTKY: 1 - V-surová půda; 2 - Vk-surová půda karbonátová; 3 - K-ranker; 4 - Kh-ranker hnědý; 5 - R-rendzina; 6 - Rh-rendzina hnědá; 7 - Q-pararendzina; 8 - Qh-pararendzina hnědá; 9 - Č-černozem; 10 - Čk-černozem karbonátová; 11 - Čd-černozem degradovaná; 12 - Čl-černozem lužní; 13 - Š-šedozeň; 14 - M-hnědozem; 15 - Mg-hnědozem oglejená; 16 - I-illimerizovaná půda; 17 - lg-illimerizovaná půda oglejená; 18 - O-pseudoglej; 19 - Ht-hnědá půda eutrofní; 20 - H-hnědá půda; 21 - Hk-hnědá půda karbonátová; 22 - Hg-hnědá půda oglejená; 23 - Ha-hnědá půda kyselá; 24 - Han-hnědá půda kyselá nevyvinutá; 25 - Hag-hnědá půda kyselá oglejená; 26 - Ho-hnědá půda silně kyselá; 27 - Hon-hnědá půda silně kyselá nevyvinutá; 28 - hnědá půda na píscích a štěrčích; 29 - Bk-pelisol karbonátový; 30 - N-nivní půda; 31 - NG-nivní půda glejová; 32 - L-černice; 33 - LG-černice glejová; 34 - G-glej; 35 - lom; 36 - lom;

PŮDOTVORNÉ SUBSTRÁTY: 5 - nivní uloženiny karbonátové střední; 6 - nivní uloženiny nekarbonátové střední; 12 - deluviofluvialní uloženiny nekarbonátové střední; 16 - terasové písky nekarbonátové; 17 - terasové štěrky karbonátové; 18 - terasové štěrky nekarbonátové; 21 - skeletové svahoviny z neutrálního až kyselého materiálu; 34 - hlinité spraše; 37 - polygenetické hlíny karbonátové; 39 - polygenetické hlíny nekarbonátové; 58 - předkvartérní štěrky nekarbonátové; 60 - předkvartérní zahliněné štěrky nekarbonátové; 70 - bazická efuziva (diabasy); 73 - tufy bazických efuziv; 75 - tufy kyselých efuziv; 83 - vápence (paleozoické); 89 - opuky; 90 - vápnité břidlice normální (paleozoické); 91 - vápnité břidlice jílovité (paleozoické); 92 - slínovce (mesozoické); 94 - pískovce a arkozy (karbonské); 95 - slepence (proterozoické); 96 - droby (proterozoické a paleozoické); 97 - břidlice normální (proterozoické a paleozoické); 98 - břidlice jílovité (proterozoické a paleozoické); 99 - jílovce (paleozoické); 101 - křemence, bulžňníky;

Příklad tzv. dvojsubstrátu: 34/97 - hlinité spraše uložené na břidlicích normálních.

Obr. 37: Půdní jednotky v zájmovém úseku Loděnice (Zdroj: Půdní mapa ČR 1:50 000).

4.4.3. Klimatická a hydrologická charakteristika území

Klimaticky oblast spadá do dvou klimatických oblastí dle Quitta – převážná část zájmového úseku patří do mírně teplé klimatické oblasti MT11 (tab. 16), jen dolní část v okolí ústí Loděnice do Berounky patří do teplé klimatické oblasti T2 (Tolasz et al., 2007). Podle Köppenovy klasifikace se dané území řadí do Cfb. Mimoto celé území patří do srážkového stínu, kde je západní proudění usměrněno JZ-SV orientovaným údolím. V zimě je tu nedostatek sněhu, který rychle mizí na slunných stanovištích (Culek et al., 2013). Roční průměrné teploty kolísají mezi 9 – 7,7° C. Z hlediska srážek je oblast suchá až velmi suchá s průměrným ročním úhrnem srážek 500 – 550 mm. V hlubokých údolích se vyskytují teplotní inverze, které umožňují výskyt řady submontánních a dealpínských prvků. Významné je i expoziční klima s velmi teplými a suchými J a JZ svahy (Culek et al., 2013).

Tab. 16: Vybrané klimatické a meteorologické charakteristiky zájmového území Loděnice. Pozn. Žlutě jsou označeny dny mapování na Loděnici.

Vybrané klimatické charakteristiky studované lokality dle Quitta (Tolasz et al., 2007)						
oblast	mírně teplá (MT11)			teplá (T2)		
počet letních dní	40 – 50			50 – 60		
počet mrazových dní	110 – 130			100 – 110		
počet ledových dní	30 – 40			30 – 40		
průměrná teplota v lednu (°C)	-2 - -3			-2 - -3		
průměrná teplota v červenci (°C)	17 – 18			18 – 19		
počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 – 60			40 – 50		
průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	90 – 100			90 – 100		
celkový úhrn srážek ve vegetačním období (mm)	350 – 400			350 – 400		
celkový úhrn srážek v zimním období (mm)	200 – 250			200 – 300		
Průměrný měsíční úhrn srážek pro stanici Neumětely ve vybraných měsících v roce 2015 (ČHMÚ, 2015b)						
měsíc	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen
průměrný úhrn srážek (mm)	32,2	27,4	41,4	51,7	38,7	64,1
Průměrný denní úhrn srážek pro stanici Neumětely v červenci 2015 (ČHMÚ, 2015b)						
měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	měsíc	den	průměrný úhrn srážek (mm)	
7	1	0	7	17	1,8	
7	2	0	7	18	0	
7	3	0	7	19	0,4	
7	4	0	7	20	0	
7	5	0,7	7	21	0	
7	6	0	7	22	1,9	
7	7	10,1	7	23	0,3	
7	8	0	7	24	8,6	
7	9	0,7	7	25	2,5	
7	10	0	7	26	0,7	
7	11	0	7	27	6	
7	12	3	7	28	0,3	
7	13	1,1	7	29	0,5	
7	14	0,1	7	30	0	
7	15	0	7	31	0	
7	16	0	-	-	-	

Loděnice neboli Kačák pramení necelý kilometr JZ od Kroučové ve středních Čechách v nadmořské výšce 478 m n. m. (Štefáček, 2008). Tok ústí po 61,1 km zleva do Berounky v nadmořské výšce 212 m n. m. Plocha povodí činí 271,1 km² a průměrný průtok u ústí toku je 0,53 m³/s (Štefáček, 2008). V blízkosti nad mapovaným úsekem se nachází pouze hlásný profil stanice Loděnice (tab. 17).

Tab. 17: Přehled základních hodnot vodních stavů, průtoků a N-letých průtoků pro vybrané úseky Loděnice mezi Sv. Jan pod Skalou - Hostim a Hostim - ústí do Berounky.

Vodní stavy a průtoky ¹ – ČHMÚ, 2014, ² – Povodí Vltavy, 2014, ³ – ČHMÚ, 2015a)												
průměrný roční stav ¹	40 cm											
průměrný roční průtok ¹	0,64 m ³ /s											
nízký průtok (Q ₃₅₅) ²	0,068 m ³ /s											
dlouhodobý průměrný průtok (Q _{a-1981-2010}) ³	0,537 m ³ /s											
průměrný roční průtok v roce 2015 ³	0,342 m ³ /s											
N-leté průtoky (Q _N) v m ³ /s (ČHMÚ, 2014)												
N	1	5	10	50	100							
Q _N	5,50	17,9	26,1	52,7	68,0							
ČHMÚ – data za hlásný profil č. 207 – stanice Loděnice (umístěný pod dálnicí)												
Průměrné měsíční průtoky a vodní stavy v roce 2015 pro hlásný profil č. 207 (ČHMÚ, 2015a)												
měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Q (m ³ /s)	0,912	0,457	0,418	0,425	0,3	0,191	0,069	0,164	0,083	0,243	0,436	0,408
VS (cm)	63	55	54	54	51	48	42	44	43	49	54	54
Okamžitý vodní stav v době mapování												
datum	hlásný profil			vodní stav				% podíl výšky hladiny v době mapování vzhledem k průměrnému ročnímu vodnímu stavu				
29. 7. 2015	Loděnice			40 – 42 cm				100 %				
30. 7. 2015	Loděnice			40 – 42 cm				100 %				

4.4.4. Biogeografická charakteristika území

Zájmové území v okolí Sv. Jana pod Skalou a ústí Loděnice spadá do první zóny CHKO Český kras a v okolí Hostimi do druhé zóny. Rovněž převážná část úseku mezi Sv. Janem pod Skalou a ústím Loděnice do Berounky spadá i do NPR Karlštejn s výjimkou území v okolí jižně od Hostimi (AOPK, 2014). Oblast patří do největší krasové oblasti ČR s charakteristickou vápnomilnou biotou. Převládá zde pestrá mozaika teplomilných doubrav a dubohabřin, vápnomilných bučin, se skalními stepmi na jižních svazích a suťovými lesy na severních svazích. Jinak převažuje orná půda s relativně hojnými přirozenými doubravami a travinobylinnými lody. V současné době je biota poškozována zejména rozsáhlou těžbou vápenců (Culek et al., 2013).

Flóra je pestrá s výskytem různých migrantů a floroelementů. Potenciální přirozenou vegetací jsou šipákové doubravy s teplejšími dubohabřinami a bezlesím vázaným na skalnaté svahy (Culek et al., 2013). Oblast je známým středočeským centrem subendemické a endemické **fauny**. Střídají se tu zástupci teplomilného středočeského elementu s dealpínskými elementy v inverzních polohách (Culek et al., 2013).

5. POUŽITÉ METODY PRÁCE

5.1. Mapování

Terénní výzkum byl založen na rekognoskaci fluviálních forem v korytě ve vybraných úsecích čtyř různě velkých vodních toků – Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice. Při terénním mapování se zaznamenávala poloha jednotlivých objektů (fluviální akumulční a erozní formy v korytě, významné struktury dna, překážky toku a další nezařazené objekty), jejich morfometrické charakteristiky a rozmístění. Terénní mapování bylo z důvodů časové náročnosti rozloženo do dvou časových úseků. První etapa probíhala na jaře 2015 (27. 3., 10. - 11. 4., 19. 4. - Litavka) a druhá v létě 2015 (1. - 3. 7. - Kocába, 29. - 30. 7. - Loděnice a 21. 8. - Sázava).

Při záznamu polohy a určení morfometrických charakteristik studovaných objektů byly použity přístroje Garmin GPSMap 62st a laserový dálkoměr Leica Disto D5. Mapovaly se pouze formy větší než 1 m u Sázavy, Litavky a Kocáby a větší než 0,5 m u Loděnice. Přesnost GPS byla v jednotlivých úsecích mapovaných toků různá. Nejlepší přesnosti dosahovala měření v rovinatějším a mírně zvlněném reliéfu bez souvislého lesního porostu, kde bylo možné přijímat signál GPS bez větších obtíží. Horší situace byla u toků, které protékají zaříznutými údolími a roklemi, což byl příklad Kocáby a zejména Loděnice. Obecně se u všech toků pohybovala průměrná přesnost GPS přístroje kolem 5 metrů, pouze ve vybraných úsecích Kocáby a Loděnice dosahovala přesnost až 25 metrů. Konkrétně se jednalo o úsek mezi hájovnou a ústím Královky u Kocáby a úsek Loděnice mezi lokalitou Kozel a Svatým Janem pod Skalou, s výjimkou Hostimi a jeho širšího okolí, kde se údolí rozestupuje. Vzhledem k tomu, že při terénním mapování docházelo ke korekci poloh zaznamenaných objektů na základě topografických map (ZM 1:10 000) a DMR 5G, byla nepřesnost GPS přístroje snížena na hodnotu kolem 5 m. Mapované objekty a jejich morfometrické charakteristiky se v průběhu terénní rekognoskace zaznamenávaly do předem vytvořených formulářů a map. Mapovaly se fluviální akumulční a erozní formy a překážky v korytě. U překážek se mapovaly pouze ty, u kterých se dalo předpokládat, že mají vliv na vznik a utváření dalších forem. U všech objektů se zaznamenávaly charakteristiky jako je číslo objektu, šířka toku, typ objektu a poloha vzhledem k zákrutu (tab. 18).

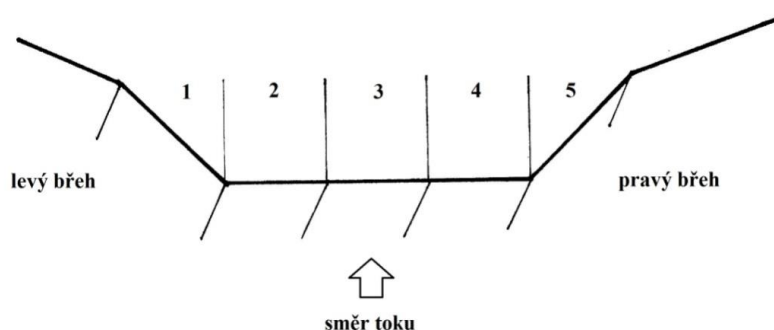
Tab. 18: Zkoumané charakteristiky společně pro všechny sledované objekty a jejich popis.

Zkoumaná charakteristika:	Doplňující informace:
Číslo objektu: (např. 016a)	Každý zmapovaný objekt má své číslo a to se zároveň shoduje se číslem v mapě. Pokud se na jednom místě vyskytuje více objektů vedle sebe, tak vzhledem k deklarované přesnosti GPS může jeden GPS bod zahrnovat pod jedním číslem více zaznamenaných objektů, které jsou od sebe odlišeny malými písmeny a, b, c a d .
Šířka toku: (m)	v místě objektu
Typ objektu: akumulční fluvialní formy (a), erozní fluvialní formy (e), překážky (p), nezařazené objekty (o)	Mezi nezařazené objekty spadají veškeré další typy objektů zaznamenané v průběhu terénního mapování, které zároveň nepatří do ostatních tří kategorií (akumulční a erozní fluvialní formy nebo překážky).
Poloha (vzdálenost) vzhledem k zákrutu: (0) poloha v zákrutu, (Z 15) 15 metrů za zákrutem, (P 30) 30 metrů před zákrutem, (x) v úseku bez zákrutů, (P/L) v místě střídání meandrů/zákrutů	Zákruty se určovaly vzhledem ke směru proudění toku. Primárně se určovaly dle vychýlení proudnice způsobeného vlastní křivolakostí toku, nikoliv dle vychýlení proudnice způsobené přítomností překážek v korytě. Pokud se celý objekt (dlouhý) nacházel v zákrutu a částečně přesahoval mimo zákrut, tak se nacházel v zákrutu. V opačném případě, jestliže se objekt nacházel např. před zákrutem a částečně zasahoval do zákrutu, tak se to bralo tak, že se nachází před zákrutem. U dlouhých objektů se dvěma GPS body se vzdálenost objektu od předcházejícího zákrutu určovala vždy od začátku daného objektu a vzdálenost od následujícího zákrutu od konce daného objektu, u objektů s jedním GPS bodem se určovala od středu daného objektu.
¹ zkoumané charakteristiky byly převzaty a upraveny podle Křížek (2008a)	

Akumulční fluvialní formy byly mimo jiné (tab. 18) hodnoceny rovněž z hlediska způsobu vzniku, typu korytové akumulace, její polohy, délky a šířky, spojení s břehem, materiálu, gradace a vegetačního pokryvu (tab. 19).

Tab. 19: Zkoumané specifické charakteristiky akumulčních fluviálních forem a jejich popis.

Akumulační fluviální forma ¹	
Zkoumaná charakteristika:	Doplňující informace:
Šířka toku: v místě výskytu akumulční fluviální formy (m)	Hodnota se odvodila v místě největší šířky akumulční fluviální formy a jedná se o šířku toku včetně akumulace.
Způsob vzniku: nevynucená (0), vynucená (1)	Nevynucená – k sedimentaci došlo v důsledku přirozených změn hydrauliky toku, vynucená – k jejich vzniku napomohla např. dřevní hmota, balvan nebo jiná překážka, která tím vyvolala lokální změny v hydraulice toku a nastartovala příznivé podmínky pro sedimentaci nad nebo pod překážkou.
Typ korytové akumulace: podélné (1), transverzální (2), soutokové (3), jesešní (4), diagonální (5), balvanité (6), postranní (7), nezařazeno (8)	Podrobnější popis v kapitole 3: Fluviální formy v korytě (Akumulační fluviální formy), kde jsou u jednotlivých typů korytových akumulací uvedeni autoři, kteří se o nich zmiňují nebo je blíže popisují.
Poloha: (1–5)	Pro určení polohy v rámci koryta bylo koryto rozděleno v příčném profilu na 5 částí (viz obr. 38) a v případě, že se daná akumulční fluviální forma nacházela ve více částech koryta, jsou čísla uvedena v pořadí za sebou bez čárek (např. 234).
Délka: (m)	Délka akumulace ve směru toku.
Šířka: (m)	Vzdálenost kolmá k délce akumulace.
Spojení: bez spojení se břehem (0), spojení se břehem (1)	Zda se jedná např. o postranní korytovou akumulaci nebo zda jde o jiný typ korytové akumulace.
Materiál: nerozlišeno (N), hlinitopísčité (1), kombinovaná (2), štěrkovokamenitá (3)	Štěrkovokamenité (> 25 % hrubozrnných klastů), hlinitopísčité (< 10 % hrubozrnných klastů) a kombinované (10 - 25 % hrubozrnných klastů) (sensu Kukul, 1985 in Křížek, 2008a).
Gradace: bez gradace (0), normální (1), opačná (2), nerozlišeno (N)	Termín gradace znamená rozvrstvení sedimentu a jeho utřídění podle velikosti. Normální gradace – materiál se zjemňuje ve směru toku, opačná gradace – inverzní postup (materiál se zjemňuje proti směru toku), bez gradace – daná forma se nevyznačuje vytříděním sedimentem.
Vegetace: bez vegetace (0), travní porost (1), s keři případně stromy (2)	Vegetace je indikátorem stability dané akumulční fluviální formy.
¹ zkoumané charakteristiky byly převzaty a upraveny podle Křížek (2008a)	



Obr. 38: Schéma hodnocení polohy objektu v korytě (dle Křížek, 2008b, upraveno).

Erozní fluvialní formy byly hodnoceny z hlediska šířky toku, šířky hlavního koryta, typu erozní fluvialní formy, délky, šířky, výšky, polohy v korytě, vegetace, polohy BN a polohy BN v rámci zákrutu (tab. 20).

Tab. 20: Zkoumané specifické charakteristiky erozních fluvialních forem a jejich popis.

Erozní fluvialní forma ¹	
Zkoumaná charakteristika:	Doplňující informace:
Šířka toku: (m)	U erozně odříznuté části břehu se hodnota odvodila v místě největší šířky dané erozní fluvialní formy a jedná se o šířku toku včetně erozně odříznuté části břehu. U břehových nátrží se odvozovala střední hodnota šířky toku v rámci délky nátrže.
Šířka hlavního koryta: (m)	Jen u případů výskytu sekundárního koryta (paralelně s hlavním korytem). Šířka sekundárního koryta je uvedena u šířky erozní fluvialní formy.
Typ erozní fluvialní formy: břehová nátrž (0), sekundární koryto (1), erozně odříznutá část břehu (2)	-
Délka: (m)	Délka erozní fluvialní formy ve směru toku.
Šířka: (m)	Vzdálenost kolmá k délce erozní fluvialní formy.
Výška: (m)	Zjišťováno jen u břehových nátrží, jedná se o výšku břehu od hladiny vodního toku.
Poloha: (1–5)	Pro určení polohy v rámci koryta bylo koryto rozděleno v příčném profilu na 5 částí (viz obr. 38) a v případě, že se daná erozní fluvialní forma nacházela ve více částech koryta, jsou čísla uvedena v pořadí za sebou bez čárek (např. 234).
Vegetace: bez vegetace (0), sporadický výskyt travního porostu (0,5), travní porost (1), sporadický výskyt keřů případně stromů (1,5), s keři případně stromy (2), kořeny (3)	Přítomnost vegetace se zjišťovala jen u břehových nátrží a erozně odříznutých částí břehů, kde udává informace o stabilitě dané erozní fluvialní formy. Kategorie kořeny zahrnuje speciální případ, kdy nátrž byla porostlá kořeny bez další vegetace.
Poloha BN (břehové nátrže): pravostranný břeh (P), levostranný břeh (L)	Posuzuje se to dle hydrologického pravidla – po směru toku je napravo pravostranný břeh a nalevo levostranný.
Poloha BN v rámci zákrutu: vnitřní oblouk zákrutu (U), vnější oblouk zákrutu (V), vnitřní i vnější oblouk zákrutu (O), BN v úseku mimo zákruty (N)	Vnitřní i vnější oblouk zákrutu (O) – jde o speciální případ, kdy dlouhá nátrž jde přes dva zákruty (výskyt pouze u Litavky).
¹ zkoumané charakteristiky byly převzaty a upraveny podle Křížek (2008a)	

Překážky v korytě se v této práci rozlišovaly podle původu, zda vznikly přírodními procesy nebo antropogenními zásahy. Výběr zde představených překážek a způsobů, jak ovlivňují vodní toky, byl přizpůsoben vybraným tokům ve výzkumné části práce a jejich pravděpodobnému výskytu v nich. Zároveň byly uvažovány pouze přímé zásahy do koryt vodních toků, protože byly snáze pozorovatelné a odvoditelné. Kromě základních informací (tab. 18) se zjišťovaly i další charakteristiky jako šířka toku, zda se jedná o umělou nebo přírodní překážku, typ překážky, materiál překážky, její poloha, délka, šířka a výška a její spojení s břehem (tab. 21).




Tab. 21: Zkoumané specifické charakteristiky překážek a jejich popis.

Překážka ¹	
Zkoumaná charakteristika:	Doplňující informace:
Šířka toku: (m)	Hodnota se odvodila v místě největší šířky překážky a jedná se o šířku toku včetně překážky.
Umělá/antropogenní (U) nebo přírodní (P) překážka	-
Typ překážky: jez (1), propustek (2), most (3), panely zužující koryto/antropogenní zúžení toku (4), stupeň – umělý i přirozený (dřevo, balvany) (5), naplavená/popadaná dřevní hmota (podélně, nahodile nebo vytvoření hráze) (6), vegetace v korytě zpomalující proudění (7), materiál sesutý z břehů (i stromy, které se sesuly a zachytily níže při úpatí břehu/v korytě, kde pokračují v růstu) (8), nezařazené (9)	V této práci byly pod pojmem stupeň zahrnuty jak přirozené stupně tvořené kameny nebo dřevěnou kulatinou popř. kmenem, které vznikly samovolně ve vodním toku, tak umělé stupně, které vznikly antropogenním zásahem do vodního toku a byly tvořeny většinou betonem. Obecně se jednalo o nízký spádový objekt, který snižoval podélný sklon toku a dosahoval maximální výšky 0,5 m. Stupeň překlenoval koryto vodního toku po celé jeho šířce nebo alespoň z více než poloviny šířky koryta.
Materiál překážky: (dřevo, beton, kameny,...)	Slovní popis materiálu tvořícího překážku.
Poloha: (1–5)	Pro určení polohy v rámci koryta bylo koryto rozděleno v příčném profilu na 5 částí (viz obr. 38) a v případě, že se daná akumulární fluvialní forma nacházela ve více částech koryta, jsou čísla uvedena v pořadí za sebou bez čárek (např. 234).
Délka: (m)	Délka překážky ve směru toku.
Šířka: (m)	Vzdálenost kolmá k délce překážky.
Výška: (m)	Výška překážky od dna vodního toku.
Spojení: bez spojení se břehem (0), spojení se břehem (1)	-

¹ zkoumané charakteristiky byly převzaty a upraveny podle Křížek (2008a)

Dále se v rámci terénního výzkumu zaznamenávaly do mapových podkladů předem definované typy břehových linií a antropogenní úpravy břehů, které mohly mít vliv na hydrauliku toku nebo vznik dalších fluvialních forem v korytě (tab. 22).

Tab. 22: Přehled vybraných typů břehových linií a antropogenních úprav břehů.

Typ břehové linie / antropogenní úpravy:	Literatura:	Popis + ilustrace:
<p><i>Souvislé poškození břehu s postupně erodovanými výčnělky břehu tzv. pulsující systém</i></p>	<p>Grešková a Lehotský (2007)</p>	<p>Tento typ erozní fluvialní formy se vyznačuje vytvořením tzv. pulsujícího systému, kdy jednotlivé stromy fungují jako pevné body upevňující průběh břehové linie. Zde je důležitý především rozestup mezi dvěma následujícími stromy/upevňujícími body. Při překročení vzdálenosti 2,5 metru mezi nimi dochází k rozšiřování koryta v příčném profilu a vzniku výmolů před a za jednotlivými body upevnění. S postupující erozí dochází k vysouvání upevňujících bodů do koryta (obr. 39) a vznikají břehové ostrohy. Další erozí může dojít k oddělení ostroh od břehů a k jejich zániku. V podélném profilu se tento typ břehové eroze projevuje střídavým rozšiřováním a zužováním vodního toku.</p> <div data-bbox="699 645 1230 1032" style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p>Obr. 39: Počínající fáze vývoje pulsujícího systému (vlevo) a pokročilá fáze pulsujícího systému (vpravo).</p>
<p><i>Kamenný zához, nezpevněná kamenná zídka</i></p>	<p>-</p>	<p>Jedná se o zpevnění břehu volným kamenným záhozem, kdy kameny jsou jen volně uloženy a nejsou zpevněny betonem nebo jiným materiálem (obr. 40).</p> <div data-bbox="699 1196 1157 1496" style="text-align: center;">  </div> <p>Obr. 40: Kamenné opevnění části dna a břehů, zde příklad z Loděnice v úseku Hostim - Svatý Jan pod Skalou.</p>
<p><i>Zpevněná kamenná zídka, vybetonovaný břeh, apod.</i></p>	<p>-</p>	<p>V tomto případě jsou spáry mezi kameny na březích zpevněny betonem (obr. 41) nebo jiným materiálem nebo jsou zpevněny přímo betonem, zdí apod.</p> <div data-bbox="699 1666 1166 1973" style="text-align: center;">  </div> <p>Obr. 41: Kamenná zeď zpevněná betonem na konci úseku Kocáby u ústí Královky.</p>

5.2. Vyhodnocení dat získaných mapováním

5.2.1. Polohové a morfometrické charakteristiky mapovaných objektů

Zaznamenané údaje z terénního mapování byly převedeny do digitální podoby za účelem provedení dalších prostorových analýz a vlastní vizualizace v programu ArcGIS 10.3. Pro všechny objekty byly vypočteny jejich absolutní vzdálenosti od pramene toku. Hodnoty se vypočítaly v programu ArcGIS s využitím vektorové vrstvy toků z Dibavodu a GPS bodů z vlastního terénního mapování. Pomocí nástroje *Split line at point* se rozdělil vodní tok (tím i vzdálenosti od pramene) mezi jednotlivé počáteční GPS body objektů a sčítáním jejich vzdáleností se zjistila výsledná vzdálenost objektu od pramene. Z absolutních vzdáleností se vypočítaly relativní vzdálenosti objektů od začátku mapovaného úseku. Zde se vzdálenost bere ve směru toku, oproti běžnému postupu při terénním mapování, kdy se zpravidla mapuje proti směru toku. Hodnoty se vypočítaly odečtením absolutní vzdálenosti prvního objektu (na začátku mapovaného úseku) od jednotlivých absolutních vzdáleností dalších objektů.

Dále se pro všechny objekty rovněž vypočítávala hodnota % podílu výšky hladiny v době mapování vzhledem k průměrnému ročnímu vodnímu stavu (dále jen VS). Hodnoty % podílu VS se vypočítávaly na základě údajů o VS, který byl zaznamenán v daném toku v den mapování. Hodnoty jsou uvedeny na stránkách ČHMÚ v daný den. Hodnota průměrného ročního VS je uvedena u informačního listu daného nejbližšího hlásného profilu (k dispozici rovněž na stránkách ČHMÚ, 2014).

Součástí geomorfologické analýzy území byla i tvorba map sklonitosti svahů v zájmových územích. Z DMT se pomocí funkce *Slope* vytvořil rastr sklonitosti terénu, kde se zvolily stupně jako jednotky sklonu. V *Symbology* bylo možné zjistit maximální, minimální a průměrný sklon v daném území.

Ke zjištění hustoty akumulčních a erozních fluviálních forem v reliéfu byl využit nástroj *Kernel Density*. Nejprve byly vytvořeny samostatné vrstvy s korytovými akumulacemi a břehovými nátržemi. Do šetření hustoty forem byly zahrnuty na základě posouzení histogramu délek pouze korytové akumulace do délky 10 m a břehové nátrže do délky 20 m, protože každá forma je v tomto případě reprezentována pouze jedním GPS bodem. Delší objekty se zakreslily pomocí linií, které poukazují na jejich výskyt v korytě. Dále bylo nutné převést TIN do rastru pomocí nástroje *TIN to raster*. Dalším krokem bylo použití nástroje *Kernel Density* pro tvorbu hustoty bodových prvků, kde se nastavily parametry *Output cell size* (Sázava 20, Litavka 10, Kocába 5, Loděnice 2) a *Search radius* (Sázava a Litavka 500, Kocába 200 a Loděnice 100). Hustota byla vyjádřena jako počet korytových akumulací/břehových nátrží na 1 km².

5.2.2. Mapování za pomoci leteckých měřičských snímků

Vzhledem k tomu, že u Sázavy bylo zmapováno málo objektů v rámci 14 kilometrového úseku mezi Ledčem nad Sázavou a Světlou nad Sázavou, bylo nutné stanovit rozmístění daných objektů ještě pomocí interpretace leteckých měřičských snímků. K analýze byly použity letecké měřičské snímky ze stránek Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního z roku 2015. Analyzoval se další úsek Sázavy mezi Ledčem nad Sázavou a Zručí nad Sázavou v celkové délce 25 kilometrů. Zde se zaznamenávaly pouze korytové akumulace a jezy, protože byly na leteckých snímcích dobře patrné. Zjišťovala se poloha korytových akumulací vzhledem k výskytu jezů. V programu ArcMap 10.3. se u všech případů pořídily obrazové přehledy daných korytových akumulací a jezů. Zároveň se u všech daných korytových akumulací pomocí měřítka odhadly jejich přibližné vzdálenosti od jezů, které se nacházely nad danou akumulací fluvialní formou (ve směru toku). V tabulkách 28 a 33 je uvedeno pořadí jezu ve směru toku, název jezu, zda se u něj vyskytují korytové akumulace, popřípadě břehové nátrže a v jaké vzdálenosti od jezu se nachází.

5.3. Analýza a statistické vyhodnocení dat

Data sebraná během terénního průzkumu se převedla do digitální podoby. Musela se rovněž očistit a připravit pro statistickou analýzu dat. Z celkového souboru dat se odstranila ta data, která nespĺňovala stanovené minimální parametry pro jednotlivé toky. Rovněž se vyloučily úseky, kde buď docházelo k divočení toku, nebo úseky, které byly příliš ovlivněné lidskou činností, neboť cílem bylo mapovat geomorfologické objekty v relativně přirozených úsecích. V těchto případech se jednalo o nehomogenity, které bylo potřeba vyloučit před statistickým šetřením. Další úpravy se týkaly správného a vhodného označení jednotlivých parametrů a symbolů, aby s nimi statistický program uměl pracovat a nevyloučil je jako chybná data. To se týkalo například charakteristiky poloha vzhledem k zákrutu, konkrétně polohy objektů mezi zákruty. Ta byla při terénním mapování označována textovým symbolem P/L, ale pro statistické analýzy bylo nutné tento textový symbol nahradit číselným symbolem 0 (daný objekt se nachází v zákrutu). Pro statistické analýzy byl využit program STATISTICA 12.

5.3.1. Popisná statistika

Nedílnou součástí každého statistického šetření je i popisná statistika. V této práci sloužila popisná statistika k vytvoření přehledů o počtu zaznamenaných objektů, k jejich porovnání mezi toky apod. Zde byly použity jednak jednoduché i složené histogramy u doplňujících morfometrických šetření korytových akumulací přibližujících jejich chování v toku v závislosti na dalších morfometrických parametrech. Dále byly rovněž použity 2D krabicové grafy ke znázornění souvislostí mezi polohou korytových akumulací v rámci koryta s jejich polohou vzhledem k zákrutům, mezi typem korytové akumulace a její polohou vzhledem k zákrutům nebo k vizualizaci souvislostí mezi stabilitou korytové akumulace (vyjádřenou vegetací) a polohou vzhledem k zákrutům. U všech

2D krabicových grafů byl znázorněn medián, krabice zahrnovala 25 – 75 % hodnot a svorky poukazyvaly na polohu minimálních a maximálních hodnot.

5.3.2. Korelace

V této práci byl využit **Pearsonův korelační koeficient** (r). Signifikance byla testována na základě jednovýběrového studentova t-testu (**T-test**), který porovnává průměr s teoretickou střední hodnotou a výslednou průkaznost ovlivňuje šíře souboru dat. V této práci jsou hodnoty testovány na 5% hladině významnosti. Data získaná při terénním mapování byla podrobena šetření normality dat, ze kterého vyšlo, že spojitá data délek, šířek, výšek, polohy vzhledem k zákrutům u korytových akumulací, břehových nátrží a překážek měla lognormální rozdělení. Parametr šířka toku měl rozdělení blízké normálnímu rozdělení. Absolutní a relativní vzdálenosti forem a objektů měly lognormální rozdělení až bimodální rozdělení.

Korelace se využila při šetření závislosti mezi dvěma soubory spojitých veličin, např. zda se mění výrazně šířka toku s rostoucí vzdáleností od pramene mezi jednotlivými toky, jaká je vazba korytových akumulací a břehových nátrží na polohu vzhledem k zákrutům, zda se mění délka, šířka a další morfometrické charakteristiky akumuláčnických a erozních forem s délkou transportu, s polohou vzhledem k zákrutům nebo šířkou toku. Dále se také šetřily otázky typu, zda se mění poloha objektů vzhledem k zákrutům s délkou transportu, zda ovlivňuje výška stupňů výšku břehových nátrží, zda existuje souvislost mezi polohou překážek a akumuláčnických/erozních forem vzhledem k zákrutům nebo mezi polohou akumuláčnických a erozních forem vzhledem k zákrutům.

5.3.3. Analýza rozptylu (ANOVA – *Analysis of Variance*)

V této práci se využívala k porovnání rozptylu dvou skupin a poloh jejich středu jednocestná analýza variance (one-way ANOVA). Využila se jednak při šetření závislosti rozšíření studovaných tvarů vzhledem k poloze a průběhu zákrutů a překážek v korytě, tak i v rámci jednotlivých toků, kde se zjišťovaly vztahy mezi soubory spojitých a diskrétních veličin. Jednalo se např. o šetření typu, zda roste velikost objektů s rostoucí velikostí toku, zda existuje vazba mezi délkou korytových akumulací a jejich spojením se břehem, nebo zda existuje vazba mezi spojením korytových akumulací se břehem a jejich vzdáleností od zákrutů. Hlavní uplatnění jednocestné ANOVY bylo u zhodnocení rozmístění objektů a jejich morfometrických znaků v závislosti na velikosti vodních toků. Zde se jednocestná ANOVA využila při zjišťování, zda existují signifikantní rozdíly ve velikosti akumuláčnické nebo erozních fluvialních forem mezi jednotlivými toky nebo zda existují rozdíly v jejich poloze vzhledem k zákrutům mezi jednotlivými toky. Data získaná při terénním mapování byla podrobena šetření normality dat, ze kterého vyšlo, že spojitá data délek, šířek, výšek, polohy vzhledem k zákrutům u korytových akumulací, břehových nátrží a překážek měla lognormální rozdělení. Parametr šířka toku měl rozdělení blízké normálnímu rozdělení. Absolutní a relativní vzdálenosti forem a objektů měly lognormální rozdělení až bimodální rozdělení.

Signifikance se testovala pomocí **F-testu**. Za mezní hodnotu se považovala hodnota 0,7, která znamenala 30% pravděpodobnost chyby 2. druhu ve statistice. Při porovnávání všech toků mezi sebou se vždy testovaly postupně dva toky mezi sebou na základě jednoho faktoru a výsledné hodnoty se zapsaly do tabulek pro meziříční srovnání.

5.3.4. Chí kvadrát (test dobré shody)

Chí kvadrát test dobré shody se využil ke zjištění rozdílu mezi pozorovanými a očekávanými četnostmi určité proměnné (Hendl, 2004). Tato statistická metoda byla využita v případech, kde nebylo možné využít korelaci (data byla diskretní) nebo jednocestnou analýzu variance (nelze šetřit dvě diskretní veličiny). V případě této práce se to týkalo šetření např., zda existuje spojitost mezi materiálem korytové akumulace a její polohou vzhledem k zákrutům, zda se mění množství akumulčních a erozních fluvialních forem s velikostí toku, zda existuje vazba akumulčních a erozních forem na přítomnost stupňů nebo zjištění vazby mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem.

K tomu, aby bylo možné šetřit četnosti objektů v jednotlivých vzdálenostech od zákrutů bylo nutné rozdělit v Excelu pomocí funkce KDYŽ vzdálenosti před a za zákruty do jednotlivých kategorií vzdáleností, které byly stanoveny pro všechny toky stejné: 0-50 m, 51-100 m, 101–150 m, 151–500 m s výjimkou Sázavy, kde poslední kategorie je rozšířena do vzdálenosti 3000 m.

Spočtená hodnota testového kritéria se srovnala s příslušným kvantilem rozdělení χ^2 s (k-1), v této práci se třemi stupni volnosti. Pro 5% hladinu významnosti se jednalo o kvantil $\chi^2_{0,95} = 7,82$. Pokud hodnota testového kritéria byla nižší než kritická hodnota (7,82), tak nebyla zamítnuta hypotéza o shodě struktury dané proměnné.

6. VÝSLEDKY

6.1. Porovnání charakteristik toků

Z hlediska šířky koryt byly s výjimkou rozdílu mezi Kocábou a Loděnicí signifikantní rozdíly mezi všemi studovanými vodními toky (tab. 23).

Tab. 23: Analýza rozdílů šířek koryt mezi studovanými úseky vodních toků. Pozn.: Signifikantní rozdíly jsou označeny červeně, F = síla testu, p = hladina významnosti.

ŠÍŘKA TOKŮ	Sázava	Litavka	Kocába	Loděnice
Sázava		$F = 362,24$ $p = 0,0000$	$F = 604,19$ $p = 0,0000$	$F = 434,79$ $p = 0,0000$
Litavka	$F = 362,24$ $p = 0,0000$		$F = 22,804$ $p = 0,0000$	$F = 10,037$ $p = 0,00164$
Kocába	$F = 604,19$ $p = 0,0000$	$F = 22,804$ $p = 0,0000$		$F = 0,51705$ $p = 0,47278$
Loděnice	$F = 434,79$ $p = 0,0000$	$F = 10,037$ $p = 0,00164$	$F = 0,51705$ $p = 0,47278$	

Z hlediska změn v šířce toku s rostoucí vzdáleností od pramene/začátku úseku nebyl zjištěn pomocí Pearsonovy korelace žádný signifikantní vztah mezi studovanými toky. Tedy nelze předpokládat, že by docházelo k rozšiřování toku s rostoucí vzdáleností od pramene nebo začátku úseku mapování. Při porovnání záznamů z terénního mapování, byly u tří toků ze čtyř zaznamenány na začátku mapovaných úseků kratší šířky koryta, než na jejich konci. Nejvýraznější byl rozdíl u Sázavy (tab. 24).

Tab. 24: Šířky toků na začátku a na konci mapovaných úseků.

	Šířka toku (m):	
	začátek mapovaného úseku ¹	konec mapovaného úseku ¹
Sázava	15	50
Litavka	4,5	9
Kocába	6	8
Loděnice	7,5	4,7

¹ – uvažováno ve směru toku
Jedná se o aritmetický průměr šířek toku zaznamenaných na cca 100 metrech na začátku a na konci mapovaného úseku.

Rovněž se potvrdilo pomocí chí kvadrát testu, že ostatní toky měly odlišnou strukturu zaznamenaných fluviaálních forem v porovnání s Litavkou. Na Sázavě se vyskytovalo nejméně objektů. U Kocáby a Loděnice bylo více korytových akumulací a méně erozně odříznutých částí břehů než na Litavce. U Loděnice bylo zároveň zjištěno méně břehových nátrží v porovnání s Litavkou (tab. 25).

Tab. 25: Pozorované a očekávané četnosti akumulčních a erozních fluvialních forem u jednotlivých toků s uvedenými hodnotami chí kvadrátu. Pozn.: Stupeň volnosti 3 a kritická hodnota je 7,82 pro 5% hladinu významnosti. Signifikantní hodnoty jsou označeny červeně. Referenčním tokem byla zvolena Litavka, jako 2. největší tok, protože na Sázavě bylo zmapováno málo objektů, které navíc v některých kategoriích zcela chybí (např. erozní formy).

	Korytové akumulace	Břehové nátrže	Erozně odříznuté části břehů	Sekundární koryta	Suma
Litavka – pozorované objekty	61	51	42	24	158
Litavka - relativní hodnoty	38,61%	32,28%	26,58%	2,53%	100%
Sázava – pozorovaná četnost objektů	12	-	-	-	12
Sázava – očekávaná četnost objektů	4,63	3,87	3,19	0,31	12
chí kvadrát	11,73	3,87	3,19	0,31	19,1
Kocába - pozorovaná četnost objektů	137	54	2	-	193
Kocába - očekávaná četnost objektů	74,52	62,30	51,30	4,88	193
chí kvadrát	52,39	1,11	47,38	4,88	105,76
Loděnice - pozorovaná četnost objektů	101	13	14	2	130
Loděnice - očekávaná četnost objektů	50,19	41,96	34,55	3,29	130
chí kvadrát	51,44	19,99	12,22	0,51	84,16

Ke zjištění, zda se mění velikost akumulčních a erozních fluvialních forem s rostoucí velikostí toku, posloužila i analýza rozptylu délek a šírek korytových akumulací a délek a výšek břehových nátrží. Z tabulky 26 je vidět, že s výjimkou Loděnice byly korytové akumulace na ostatních studovaných úsecích toků stejně velké. V případě korytových akumulací nelze říci, že by docházelo ke změně jejich velikosti s rostoucí velikostí toku.

Tab. 26: Analýza rozdílů velikostí korytových akumulací a břehových nátrží pro čtyři zkoumané toky. Pozn.: Signifikantní rozdíly jsou označeny červeně, F = síla testu, p = hladina významnosti.

KORYTOVÉ AKUMULACE	Sázava		Litavka		Kocába		Loděnice	
Sázava			F = 3,2302 p = 0,07654	F = 2,3496 p = 0,12976	F = 1,7705 p = 0,18537	F = 3,4152 p = 0,06661	F = 2,9536 p = 0,08847	F = 19,214 p = 0,00003
Litavka	F = 3,2302 p = 0,07654	F = 2,3496 p = 0,12976			F = 1,1292 p = 0,28925	F = 0,07625 p = 0,78273	F = 0,34815 p = 0,55599	F = 6,1268 p = 0,01436
Kocába	F = 1,7705 p = 0,18537	F = 3,4152 p = 0,06661	F = 1,1292 p = 0,28925	F = 0,07625 p = 0,78273			F = 0,36253 p = 0,54768	F = 5,8321 p = 0,0165
Loděnice	F = 2,9536 p = 0,08847	F = 19,214 p = 0,00003	F = 0,34815 p = 0,55599	F = 6,1268 p = 0,01436	F = 0,36253 p = 0,54768	F = 5,8321 p = 0,0165		
POZN. Bílé sloupčky uvádějí hodnoty pro proměnnou délka a šedé sloupčky pro proměnnou šířka. Velikost toku je dána výběrem toků spadající do určité velikostní kategorie. Signifikantní rozdíly jsou označeny červeně								
BŘEHOVÉ NÁTRŽE	Sázava		Litavka		Kocába		Loděnice	
Sázava								
Litavka	-	-			F = 20,718 p = 0,00002	F = 5,1755 p = 0,02509	F = 8,6234 p = 0,00478	F = 0,19389 p = 0,66137
Kocába	-	-	F = 20,718 p = 0,00002	F = 5,1755 p = 0,02509			F = 1,5571 p = 0,21656	F = 0,37152 p = 0,54430
Loděnice	-	-	F = 8,6234 p = 0,00478	F = 0,19389 p = 0,66137	F = 1,5571 p = 0,21656	F = 0,37152 p = 0,54430		
POZN. Bílé sloupčky uvádějí hodnoty pro proměnnou délka a šedé sloupčky pro proměnnou výška. Velikost toku je dána výběrem toků spadající do určité velikostní kategorie. Signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. U Sázavy nebyly zmapovány ve vybraných úsecích terénního mapování žádné břehové nátrže.								

S výjimkou břehových nátrží Litavky, byly břehové nátrže na ostatních studovaných úsecích toků stejně velké (tab. 26). Ani u břehových nátrží nelze potvrdit, že by docházelo k nárůstu jejich velikosti s rostoucí velikostí toku.

6.2. Závislost rozšíření studovaných tvarů vzhledem k poloze zákrutů, překážek v korytě a pozici v korytě

6.2.1. Fluviální formy Sázavy

Sázava je největší řekou, která byla mapována v této práci. V úseku terénního mapování bylo zaznamenáno celkem 48 objektů. Z toho 12 korytových akumulací a 36 překážek, z nichž bylo 29 přírodního a 7 antropogenního původu. Z antropogenních překážek byl v zájmovém úseku zmapován pouze jeden jez, jinak v ostatních případech se jednalo o lávky nebo umělé stupně/hráze. V mapovaném úseku se nevyskytovaly žádné břehové nátrže. Na obrázcích 42 až 44 jsou uvedeny příklady některých zmapovaných objektů na Sázavě.



Obr. 42: Stupeň v korytě na začátku úseku Stvořidla (vlevo) a korytová akumulace s vegetačním porostem v úseku Stvořidel (vpravo) (21. 8. 2015).



Obr. 43: Korytová akumulace (vlevo) a překážka v korytě - kmen (vpravo) v úseku Stvořidla (21. 8. 2015).



Obr. 44: Jez u Smrčné (vlevo) a korytová akumulace u Dolní Březinky (vpravo) (21.8.2015).

6.2.1.1. Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumuláčníc forem

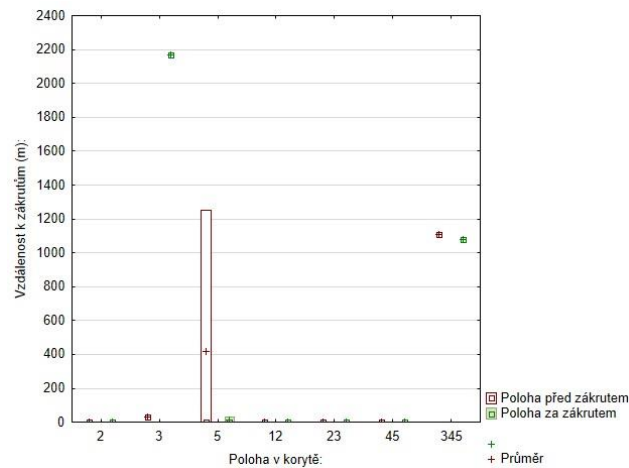
➤ *Rozšíření korytových akumulací:*

V mapovaném úseku se většina korytových akumulací nacházela v úseku Stvořidel, protože byly vázány na výskyt balvanů v korytě. Z hlediska závislosti výskytu korytových akumulací na jejich poloze před/za zákrutem nebyla pomocí korelace zjištěna žádná signifikantní vazba (tab. 27).

Tab. 27: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace (Tabulka2)						
	Šířka toku:	Délka:	Šířka:	Položha před zákrutem:	Položha za zákrutem:	Absolutní vzdálenost:	Relativní vzdálenost:
Šířka toku:	1,000000	0,315507	0,551383	0,300499	0,013758	-0,204773	-0,204773
Délka:	0,315507	1,000000	0,480391	0,108794	0,086560	-0,540357	-0,540357
Šířka:	0,551383	0,480391	1,000000	0,338242	0,122506	-0,395731	-0,395731
Položha před zákrutem:	0,300499	0,108794	0,338242	1,000000	0,190708	0,119440	0,119440
Položha za zákrutem:	0,013758	0,086560	0,122506	0,190708	1,000000	-0,326639	-0,326639
Absolutní vzdálenost:	-0,204773	-0,540357	-0,395731	0,119440	-0,326639	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost:	-0,204773	-0,540357	-0,395731	0,119440	-0,326639	1,000000	1,000000

Většina korytových akumulací na Sázavě se nacházela v zákrutu bez ohledu na jejich pozici uvnitř koryta. Pouze postranní korytové akumulace při pravém břehu se nacházely i v delších vzdálenostech od zákrutů (obr. 45).



Obr. 45: Souvislost mezi pozicí korytových akumulací uvnitř koryta s jejich polohou vzhledem k zákrutům, medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. - max..

Při porovnání průměrných délek korytových akumulací se ukázalo, že korytové akumulace bez spojení se břehem dosahovaly větších průměrných délek (15 m) než ty, které byly spojeny s břehem (3 m). Tento rozdíl však nebyl statisticky významný ($F = 1,8659$, $p = 0,20188$). Stejně tak se nepodařilo prokázat signifikantní vazbu mezi spojením korytových akumulací se břehem a jejich vzdáleností od zákrutů. Z analýzy rozptylu vyšlo pro vzdálenosti před zákrutem $F = 0,42801$, $p = 0,52773$ a pro vzdálenosti za zákrutem $F = 0,37353$, $p = 0,55473$, přičemž jak pro vzdálenosti před zákrutem tak i za ním se korytové akumulace bez spojení se břehem nacházely v průměrné vzdálenosti 250-300 metrů od zákrutu, zatímco ty, které byly spojeny se břehem se nacházely přímo v zákrutu.

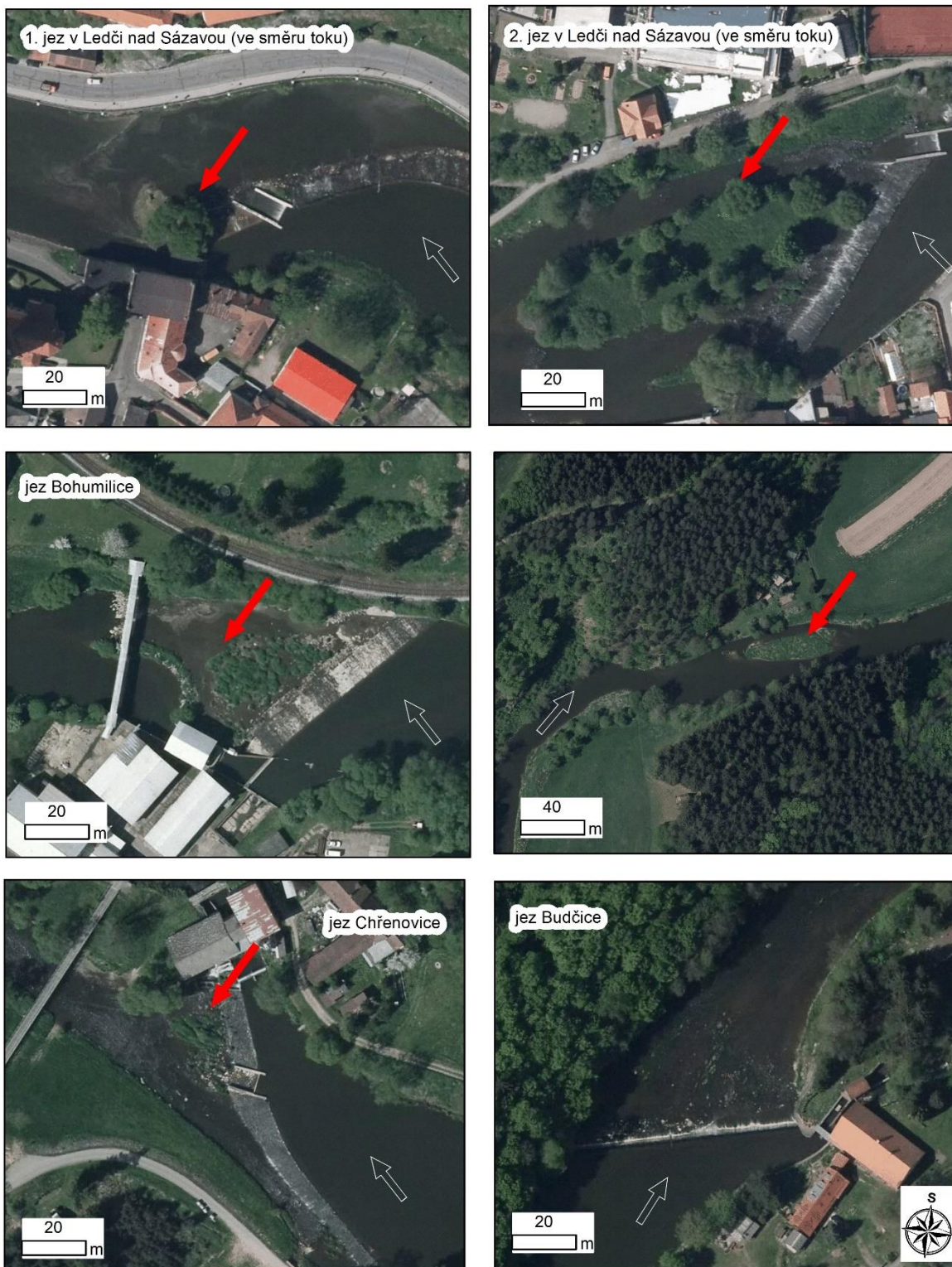
➤ *Vazba korytových akumulací na překážky v korytě:*

U Sázavy byl v mapovaném úseku Ledeč nad Sázavou až Světlá nad Sázavou zaznamenán pouze jeden jez, pod nímž se nacházela ve vzdálenosti 10 m korytová akumulace. Z dalšího doplňujícího šetření (které bylo provedeno pouze u jezů na Sázavě) bylo na základě leteckých snímků z roku 2015 nalezeno celkem 7 jezů v cca 25 kilometrovém úseku Ledeč nad Sázavou až Zruč nad Sázavou (obr. 46 a 47). Z toho pod 6 jezy se nacházela jedna nebo více korytových akumulací do vzdálenosti 22 metrů (tab. 28). Pouze u jezu Budčice se nenacházela žádná korytová akumulace, ale při analýze starších leteckých snímků z let 2003 – 2012 se ukázalo, že i pod tímto jezem se dříve vyskytovala korytová akumulace, která byla buď odstraněna povodní v roce 2013, nebo spíše byla antropogenně odtěžena. Dále byly ve sledovaném úseku zaznamenány další tři výrazné korytové akumulace v úsecích bez jezů. První se nacházela v úseku mezi jezy Bohumilice a Chřenovice ve vzdálenosti cca 40 metrů za zákrutem, druhá a třetí se nacházely 25 a 45 metrů za první mostem ve Vlastějovicích ve směru toku.

Tab. 28: Jezy a jejich vybrané charakteristiky v úseku Ledeč nad Sázavou a Světlá nad Sázavou.

JEZY V ÚSEKU LEDEČ NAD SÁZAVOU A ZRUČ NAD SÁZAVOU			
Pořadí (ve směru toku od Ledče po Zruč nad Sázavou)	Název jezu	Výskyt korytových akumulací: (ze snímků nebylo možné zjistit, zda se jedná o jednu nebo více korytových akumulací)	Vzdálenost korytových akumulací od jezu: (odhad dle měřítka z ortofoto snímků)
1.	Ledeč I	Ano	0 m
2.	Ledeč II	Ano	0 m
3.	Bohumilice	Ano	1 m
4.	Chřenovice	Ano	1 m
5.	Budčice	Ne	-
6.	Březina	Ano	20 m
7.	Horka	Ano	22 m

Z výše uvedeného lze říci, že jezy vytvářejí místa s významným soustředěním sedimentační činnosti a vážou na sebe vznik především fluviálních akumulacích forem. Další tři korytové akumulace se nacházely buď poblíž zákrutů, nebo za mosty ve směru toku, což jsou další místa, na které se váže zvýšený výskyt projevů akumulacní činnosti vodních toků.



Obr. 46: Jezy a korytové akumulace v úseku Ledč nad Sázavou - Zruč nad Sázavou. Pozn.: Bílá šipka ukazuje směr toku a červená šipka poukazuje na umístění korytové akumulace. Letecké měřičské snímky ČÚZK (2015).



Obr. 47: Jezy a korytové akumulace v úseku Ledeč nad Sázavou - Zruč nad Sázavou. Pozn.: Bílá šipka ukazuje směr toku a červená šipka poukazuje na umístění korytové akumulace. Letecké měřičské snímky ČÚZK (2015).

Z šetření vazby korytových akumulací na přítomnost stupňů pomocí chí-kvadrát testu dobré shody vyplynulo, že výskyt kamenitých stupňů a korytových akumulací v jednotlivých kategoriích vzdáleností od zákrutů byl obdobný. Jak pro vzdálenost před, tak i za zákrutem byla hodnota testového kritéria nižší než kritická hodnota 7,82. V obou případech zcela jasně převažoval výskyt stupňů i korytových akumulací ve vzdálenosti 0-50 m před i za zákrutem a pak ve vzdálenosti 151-1500 m. Ve vzdálenosti mezi těmito 51-150 m nebyly zaznamenány žádné stupně a korytové akumulace (tab. 29).

Tab. 29: *Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před i za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.*

Vzdálenost před i za zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 1500 m	Suma
Stupně (pozorované)	4	-	-	5	9
Stupně (relativní hodnoty)	44,44 %	0 %	0 %	55,56 %	100 %
Korytové akumulace (pozorované)	10	-	-	2	12
Korytové akumulace (očekávané)	5,33	-	-	6,67	12
chi kvadrát	4,09	0	0	3,27	7,36

Mezi polohou překážek a korytových akumulací vzhledem k zákrutu byl zjištěn statisticky významný vztah u poloh překážek a korytových akumulací za zákruty ($r = 0,605330$). Stejně tak byl zjištěn statistický významný vztah mezi absolutními a relativními vzdálenostmi překážek a korytových akumulací ($r = 0,911081$) (viz tab. 30).

Tab. 30: *Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a překážek Sázavy. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.*

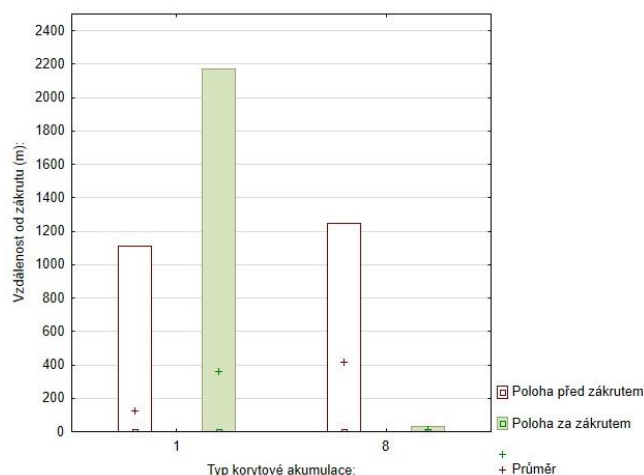
Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=12 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha KA před zákrutem:	Poloha KA za zákrutem:	Poloha překážky před zákrutem:	Poloha překážky za zákrutem:	Absolutní vzdálenost KA:	Relativní vzdálenost KA:	Absolutní vzdálenost překážky:	Relativní vzdálenost překážky:
Poloha KA před zákrutem:	1,000000	0,190708	0,106349	0,407263	0,119440	0,119440	0,101368	0,101368
Poloha KA za zákrutem:	0,190708	1,000000	-0,142545	0,605330	-0,326639	-0,326639	-0,572604	-0,572604
Poloha překážky před zákrutem:	0,106349	-0,142545	1,000000	0,176801	0,113723	0,113723	0,115423	0,115423
Poloha překážky za zákrutem:	0,407263	0,605330	0,176801	1,000000	-0,501235	-0,501235	-0,571352	-0,571352
Absolutní vzdálenost KA:	0,119440	-0,326639	0,113723	-0,501235	1,000000	1,000000	0,911081	0,911081
Relativní vzdálenost KA:	0,119440	-0,326639	0,113723	-0,501235	1,000000	1,000000	0,911081	0,911081
Absolutní vzdálenost překážky:	0,101368	-0,572604	0,115423	-0,571352	0,911081	0,911081	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost překážky:	0,101368	-0,572604	0,115423	-0,571352	0,911081	0,911081	1,000000	1,000000

➤ *Změna morfologie korytových akumulací v závislosti na poloze:*

Z korelační matice vyplývá, že se neprokázal statisticky významný vztah mezi délkou ani šířkou korytových akumulací a jejich absolutní a relativní vzdáleností (tab. 27). Nebyl prokázán ani vztah délky a šířky korytových akumulací k poloze vzhledem k zákrutům.

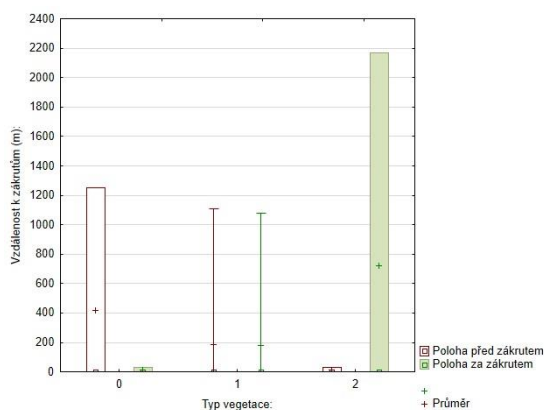
Z hlediska existence vazby materiálu korytových akumulací na poloze před/za zákrutem, se ukázalo, že převažovala kategorie korytových akumulací s nerozlišeným materiálem. Proto nebylo možné provést toto šetření. Stejně tak tomu bylo i v případě šetření rozložení materiálu uvnitř příčného profilu koryta.

Na Sázavě byl zaznamenán pouze jeden typ korytových akumulací (podélné) a u ostatních nebyl rozlišen jejich typ (obr. 48). U všech byl velký rozptyl vzdáleností od zákrutů.



Obr. 48: Typy korytových akumulací a jejich poloha vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max, 1 – podélné korytové akumulace, 8 – nezařazené korytové akumulace.

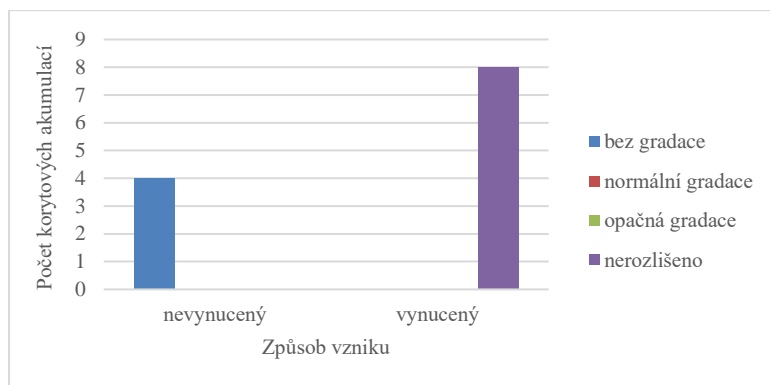
U korytových akumulací nebylo možné zjistit jejich zrnitost z důvodů velké šířky toku a vegetačního pokryvu korytových akumulací. Stabilita korytových akumulací je zde vyjádřena přítomností vegetačního pokryvu. Z grafu (obr. 49) je patrné, že nelze říci, že s rostoucí vzdáleností od zákrutů byly korytové akumulace stabilnější (porostlé vegetací).



Obr. 49: Typ vegetačního pokryvu korytových akumulací a poloha vzhledem k zákrutům na Sázavě. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max., 0 – bez vegetace, 1 – travní porost, 2 – s keři případně stromy.

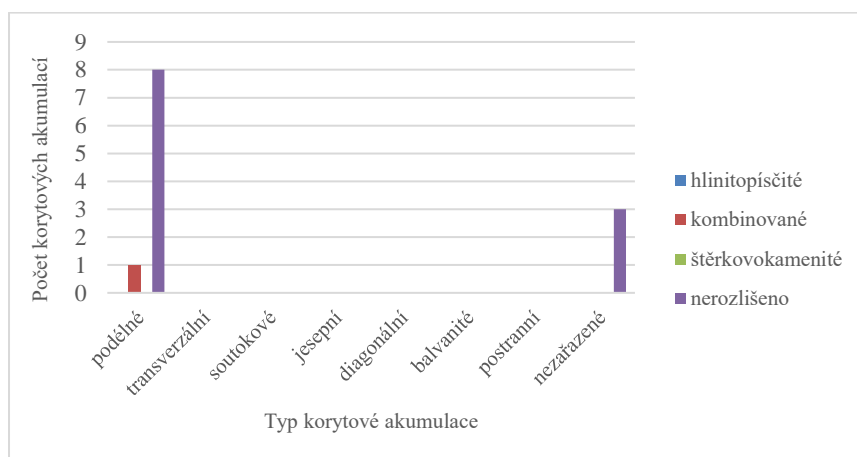
➤ *Kvalitativní charakteristiky akumuláčnických forem:*

U Sázavy je vidět, že mezi gradací a způsobem vzniku korytových akumulací není patrná souvislost. Převažovaly vynucené korytové akumulace, u kterých se nepodařilo zjistit gradační zvrstvení (obr. 50).



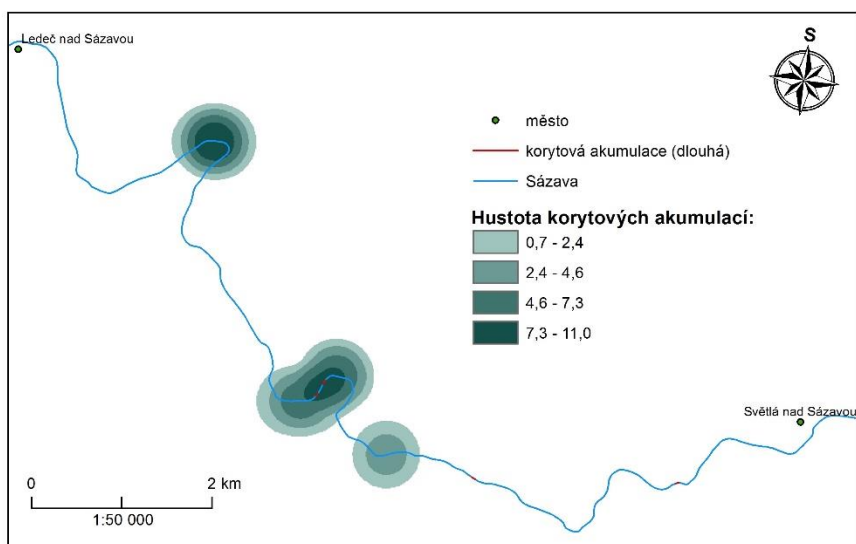
Obr. 50: Zastoupení korytových akumulací s různou gradací dle způsobu vzniku.

U Sázavy byl zaznamenán pouze jeden typ korytových akumulací a to podélné (obr. 51). Pouze jedna korytová akumulace byla tvořena kombinovaným materiálem. U ostatních se nepodařilo zjistit typ materiálu



Obr. 51: Zastoupení materiálu u jednotlivých typů korytových akumulací.

Z šetření hustoty rozmístění korytových akumulací Sázavy mezi Ledčem a Světlou nad Sázavou vyplynulo, že korytové akumulace byly až na jednu výjimku vázány na výrazné zákruty Sázavy (obr. 52).



Obr. 52: Hustota korytových akumulací v úseku mezi Ledčem nad Sázavou a Světlou nad Sázavou. Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet korytových akumulací na 1 km², radius je 500 m.

6.2.2. Fluviální formy Litavky

Na Litavce bylo v úseku mezi Trhovými Dušnicími a Čeňkovem zmapováno celkem 241 objektů (tab. 31).

Tab. 31: Přehled zmapovaných objektů Litavky.

Akumulační fluviální formy	61	Korytové akumulace	61
Erozní fluviální formy	92	Břehové nátrže	46
		Sekundární koryta	4
		Erozně odříznuté části břehů	42
Překážky v korytě	88	Přírodní překážky	75
		Antropogenní překážky	13

Litavka se oproti ostatním úsekům studovaných toků vyznačovala výskytem morfologicky pestrých úseků se širokou škálou fluviálních forem (obr. 53, 54, 55 a 58). Docházelo zde k typické meandraci a utváření korytových akumulací a břehových nátrží na jespních resp. výsepních březích. Nejvýraznějším prvkem zde byly břehové nátrže, které v určitých místech dosahovaly délek 50 – 120 m a výšek 1,5 – 2 metry (obr. 56 a 57).



Obr. 53: Břehová nátrž a jesepní korytová akumulace u Bílé Hutě mezi Dominikálními Pasekami a Čeňkovem (vlevo) a stupeň vytvořený z klád poblíž Medalova mlýna (vpravo) (27. 3. 2015).



Obr. 54: Poškozený jez u Medalova mlýna (vlevo) a břehová nátrž s erozně odříznutou částí břehu a korytovou akumulací u Dominikálních Pasek (vpravo)(10. – 11. 4. 2015).



Obr. 55: Jez u Pičinského mlýna s velkou korytovou akumulací pod ním (vlevo) a dlouhá břehová nátrž u Pičinského mlýna (vpravo) (11. 4. 2015).



Obr. 56: Dlouhé břehové nátrže v morfologicky pestrém úseku toku poblíž Valchy (11. 4. 2015).



Obr. 57: Výsepní břehová nátrž s protilehlou jesešní akumulací (vlevo) a rozvětvené koryto s erozně odříznutou částí břehu a břehovou nátrží (vpravo) mezi Valchou a Drátovnou u Trhových Dušníků (19. 4. 2015).



Obr. 58: Erozně odříznutá část břehu s korytovou akumulací (vlevo) a výrazná jesešní korytová akumulace (vpravo) poblíž Drátovny u Trhových Dušníků (19. 4. 2015).

6.2.2.1. Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumulčních forem

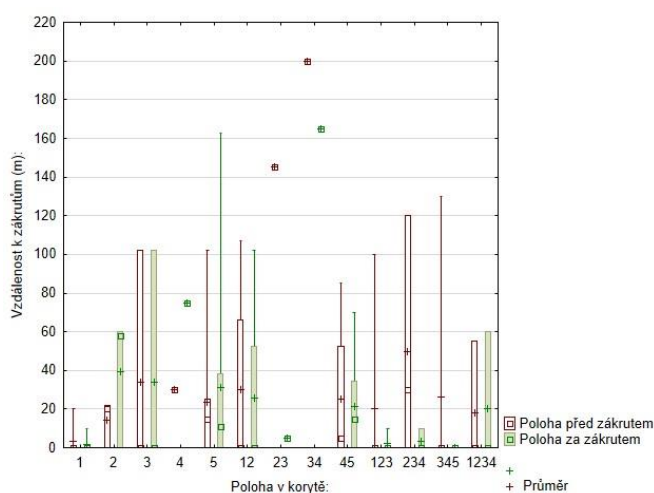
➤ Rozšíření akumulčních forem:

Z korelační matice nebyla u Litavky stejně jako u Sázavy zjištěna statisticky významná korelace mezi délkou korytových akumulací a jejich polohou vzhledem k zákrutům (tab. 32).

Tab. 32: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací Litavky. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace (Tabulka2)						
	Šířka toku:	Délka:	Šířka:	Poloha před zákrutem:	Poloha za zákrutem:	Absolutní vzdálenost:	Relativní vzdálenost:
Šířka toku:	1,000000	-0,025094	-0,062542	0,029434	0,187561	0,264086	0,264086
Délka:	-0,025094	1,000000	0,773828	0,144838	-0,041939	0,362468	0,362468
Šířka:	-0,062542	0,773828	1,000000	0,030691	-0,069280	0,365791	0,365791
Poloha před zákrutem:	0,029434	0,144838	0,030691	1,000000	0,496057	0,259733	0,259733
Poloha za zákrutem:	0,187561	-0,041939	-0,069280	0,496057	1,000000	0,219268	0,219268
Absolutní vzdálenost:	0,264086	0,362468	0,365791	0,259733	0,219268	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost:	0,264086	0,362468	0,365791	0,259733	0,219268	1,000000	1,000000

Další šetření souvislosti mezi polohou korytových akumulací uvnitř koryta a jejich polohou vzhledem k zákrutům ukázalo, že akumulační formy se nacházely ve středu koryta dále od zákrutů, zatímco postranní korytové akumulace se nacházely blíže zákrutům (obr. 59).



Obr. 59: Souvislost mezi pozicí korytových akumulací uvnitř koryta a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max..

Při porovnání průměrných délek korytových akumulací se ukázalo, že korytové akumulace bez spojení se břehem dosahovaly menších průměrných délek (7 m) než ty, které byly spojeny s břehem (8,5 m). Tento rozdíl však nebyl statisticky významný ($F = 0,51507$, $p = 0,47579$). Rovněž se nepodařilo prokázat signifikantní vazbu mezi spojením korytových akumulací se břehem a jejich vzdáleností od zákrutů. Z analýzy rozptylu vyšlo pro vzdálenosti před zákrutem $F = 3,5486$ a $p = 0,06453$ a pro vzdálenosti za zákrutem $F = 0,49275$ a $p = 0,48546$. Korytové akumulace bez spojení se břehem se nacházely v průměrné vzdálenosti 45 metrů před zákrutem a 27 metrů za zákrutem. U korytových akumulací se spojením s břehem vyšly stejné průměrné vzdálenosti před i za zákrutem, a to 20 metrů.

➤ *Vazba akumulačních forem na překážky v korytě:*

U Litavky byly v mapovaném úseku zaznamenány pouze tři jezy, z nichž jeden byl zničený. Vzhledem k malému počtu zjištěných jezů nebylo možné provést statistické šetření vazby korytových akumulací k jezům a souvislost pozice korytových akumulací uvnitř koryta a jezů. Nicméně u všech tří

jezů se do vzdálenosti 100 m nacházela alespoň jedna korytová akumulace a u dvou jezů byly ve stejné vzdálenosti zaznamenány i břehové nátrže (tab. 33).

Tab. 33: Jezy a jejich vybrané charakteristiky v zájmovém úseku Trhové Dušňíky - Čeňkov.

JEZY V ÚSEKU TRHOVÉ DUŠŇÍKY - ČEŇKOV			
Pořadí (ve směru toku od Trhových Dušňíků po Čeňkov)	Název jezu	Výskyt akumuláčních a erozních forem:	Vzdálenost akumuláčních a erozních forem od jezu: (na základě údajů získaných při terénním mapování)
1.	Jez u Pičinského mlýna	Ano	Tři korytové akumulace se nacházely do vzdálenosti 30 m a jedna do 100 m pod jezem.
2.	Jez u Bratkovic	Ano	Jedna korytová akumulace se nacházela ve vzdálenosti 48 m pod jezem a dvě břehové nátrže ve vzdálenosti 31 – 100 m pod jezem.
3.	Jez u Medalova mlýna	Ano	Jedna korytová akumulace a jedna břehová nátrž ve vzdálenosti 14 m pod zničeným jezem.

Z šetření vazby korytových akumulací na přítomnost stupňů v korytě pomocí chí-kvadrát testu dobré shody vyplynulo, že výskyt stupňů a korytových akumulací v jednotlivých kategoriích vzdáleností od zákrutů byl odlišný. Jak pro vzdálenost před, tak i za zákrutem byla hodnota testového kritéria vyšší než kritická hodnota 7,82. V obou případech zcela jasně převažoval výskyt stupňů i korytových akumulací ve vzdálenosti 0-50 m před i za zákrutem. S rostoucí vzdáleností od zákrutů klesal počet objektů, pouze u stupňů docházelo k nárůstu počtu zaznamenaných objektů ve vzdálenosti 151-500 m před i za zákrutem (tab. 34 a 35).

Tab. 34: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	27	5	1	3	36
Stupně (relativní hodnoty)	75 %	13,89 %	2,78 %	8,33 %	100 %
Korytové akumulace (pozorované)	51	5	4	1	61
Korytové akumulace (očekávané)	45,75	8,47	1,70	5,08	61
chí kvadrát	0,60	1,42	3,11	3,28	8,41

Tab. 35: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost za zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	26	4	2	4	36
Stupně (relativní hodnoty)	72,22 %	11,11 %	5,56 %	11,11 %	100 %
Korytové akumulace (pozorované)	52	7	-	2	61
Korytové akumulace (očekávané)	44,05	6,78	3,39	6,78	61
chí kvadrát	1,44	0,01	3,39	3,37	8,21

Mezi polohou překážek a korytových akumulací vzhledem k zákrutu se neprokázal statisticky významný vztah (tab. 36). Zato se zjistil statisticky významný vztah mezi absolutní a relativní vzdáleností překážek a korytových akumulací ($r = 0,941165$).

Tab. 36: Korelace mezi vybranými charakteristikami překážek a korytových akumulací Litavky. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=61 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha KA před zákrutem:	Poloha KA za zákrutem:	Poloha překážky před zákrutem:	Poloha překážky za zákrutem:	Absolutní vzdálenost KA:	Relativní vzdálenost KA:	Absolutní vzdálenost překážky:	Relativní vzdálenost překážky:
Poloha KA před zákrutem:	1,000000	0,407205	-0,060535	-0,210538	0,380817	0,380817	0,364584	0,364584
Poloha KA za zákrutem:	0,407205	1,000000	-0,066399	-0,131809	0,369391	0,369391	0,297318	0,297318
Poloha překážky před zákrutem:	-0,060535	-0,066399	1,000000	0,172723	-0,340136	-0,340136	-0,417501	-0,417501
Poloha překážky za zákrutem:	-0,210538	-0,131809	0,172723	1,000000	-0,344596	-0,344596	-0,322596	-0,322596
Absolutní vzdálenost KA:	0,380817	0,369391	-0,340136	-0,344596	1,000000	1,000000	0,941165	0,941165
Relativní vzdálenost KA:	0,380817	0,369391	-0,340136	-0,344596	1,000000	1,000000	0,941165	0,941165
Absolutní vzdálenost překážky:	0,364584	0,297318	-0,417501	-0,322596	0,941165	0,941165	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost překážky:	0,364584	0,297318	-0,417501	-0,322596	0,941165	0,941165	1,000000	1,000000

➤ *Změna morfologie korytových akumulací v závislosti na poloze:*

U korytových akumulací Litavky se prokázal statisticky významný vztah mezi délkou i šířkou korytových akumulací a jejich absolutní a relativní vzdáleností. S rostoucí vzdáleností od pramene docházelo k nárůstu jejich délek a šířek (tab. 32). Zato nebyl prokázán vztah délky a šířky korytových akumulací k poloze vzhledem k zákrutům.

Ukázalo se, že rozdělení korytových akumulací dle typu materiálu pro polohy před i za zákrutem bylo odlišné jen ve vzdálenostech 0-50 m a 51-100 m pro polohu před zákrutem. Ve vzdálenosti 0-50 m od zákrutu (před i za) se vyskytovaly zejména štěrkovokamenité korytové akumulace (tab. 37 a 38). Ve vzdálenosti 51-100 m převažovaly před zákrutem hlinitopísčité a za zákrutem štěrkovokamenité korytové akumulace. V delších vzdálenostech před zákrutem pak postupně převažovaly štěrkovokamenité korytové akumulace a za zákrutem nebyly zaznamenány žádné. Ve vzdálenosti 151-500 m už byl zaznamenán pouze ojedinělý výskyt korytových akumulací.

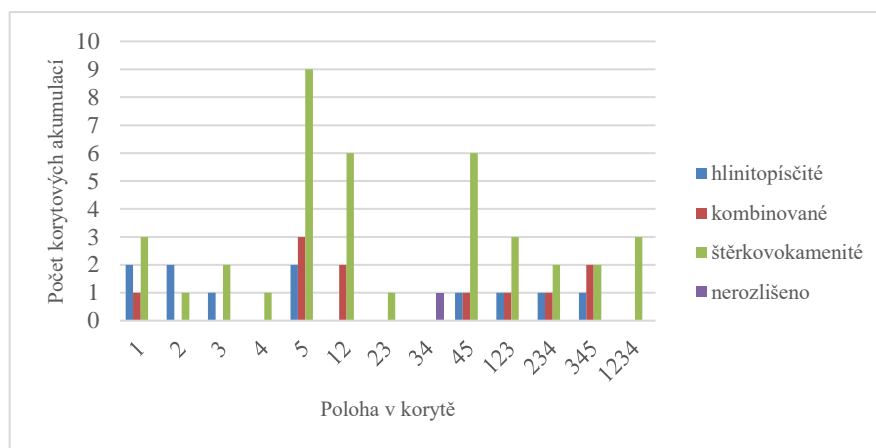
Tab. 37: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem (m)	Hlinitopísčité	Kombinované	Štěrkovokamenité	Nerozlišeno	Suma
0 – 50 (pozorované)	7	10	34	-	51
0 – 50 (relativní hodnoty)	13,73 %	19,61 %	66,67 %	0 %	100 %
51 – 100 (pozorované)	3	1	1	-	5
51 – 100 (očekávané)	0,69	0,98	3,33	-	
chí kvadrát	7,73	0,00	1,63	-	9,36
101 – 150 (pozorované)	-	-	4	-	4
101 – 150 (očekávané)	0,55	0,78	2,67	-	
chí kvadrát	0,55	0,78	0,66	-	1,99
151 – 500 (pozorované)	-	-	-	1	1
151 – 500 (očekávané)	0,14	0,20	0,67	-	1
chí kvadrát	0,14	0,20	0,67	0	1,01

Tab. 38: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

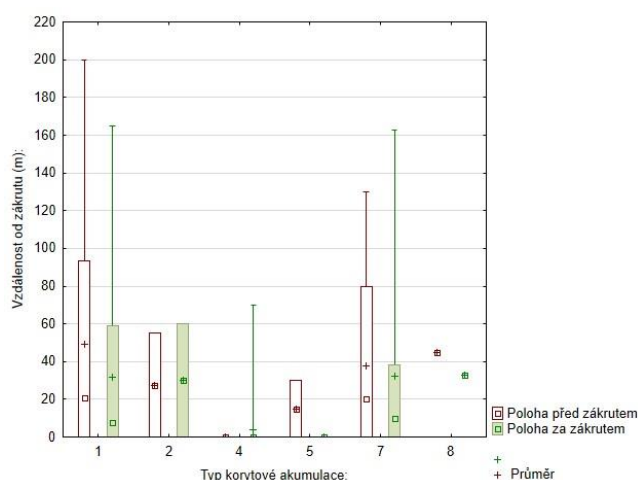
Vzdálenost za zákrutem (m)	Hlinitopísčité	Kombinované	Štěrkovokamenité	Nerozlišeno	Suma
0 – 50 (pozorované)	7	11	34	-	52
0 – 50 (relativní hodnoty)	13,46 %	21,15 %	65,39 %	0 %	100 %
51 – 100 (pozorované)	2	-	5	-	7
51 – 100 (očekávané)	0,94	1,48	4,58	-	7
chi kvadrát	1,20	1,48	0,04	-	2,72
101 – 150 (pozorované)	-	-	-	-	-
101 – 150 (očekávané)	-	-	-	-	-
chi kvadrát	-	-	-	-	-
151 – 500 (pozorované)	1	-	-	1	2
151 – 500 (očekávané)	0,27	0,42	1,31	-	2
chi kvadrát	1,97	0,42	1,31	-	3,7

Z hlediska rozložení materiálu uvnitř koryta se ukázalo, že většina korytových akumulací se bez ohledu na typ materiálu nacházela hlavně při okrajích koryta (obr. 60).



Obr. 60: Četnost korytových akumulací dle materiálu v jednotlivých částech příčného profilu koryta.

Na Litavce se jesešní a diagonální korytové akumulace vyskytovaly převážně v zákrutu (obr. 61). Podélné, transversální a postranní korytové akumulace měly rozptýlenější výskyt a vyskytovaly se do vzdáleností 100 m od zákrutů.



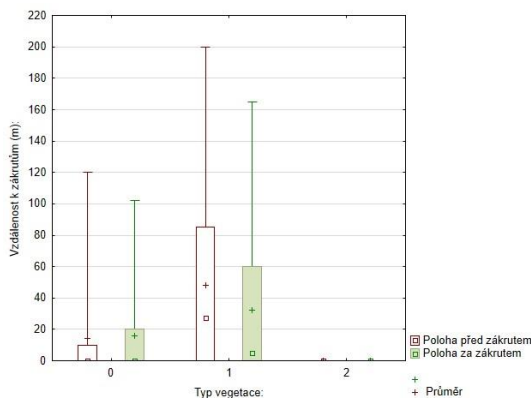
Obr. 61: Typy korytových akumulací ve vztahu k poloze před a za zákrutem u Litavky. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max.

Mezi spojením korytových akumulací se břehem a materiálem tvořícím korytové akumulace nebyl dle chí kvadrát testu dobré shody v jednotlivých kategoriích zrnitosti rozdíl (tab. 39). Nicméně z výsledků je vidět, že u šterkovokamenitých korytových akumulací převažovalo spojení s břehem.

Tab. 39: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

	Hlinitopísčité	Kombinované	Šterkovokamenité	Nerozlišeno	Suma
Spojení se břehem	5	8	30	0	43
Spojení se břehem (relativní hodnoty)	11,63 %	18,61 %	69,77 %	0 %	100 %
Bez spojení se břehem (pozorované)	5	3	9	1	18
Bez spojení se břehem (očekávané)	2,09	3,35	12,56	-	18
chí kvadrát	4,05	0,04	1,01	-	5,1

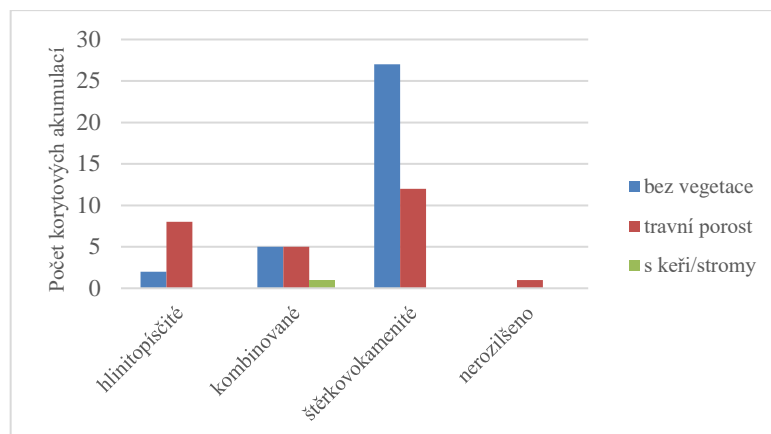
Při šetření stability korytových akumulací se ukázalo, že u Litavky se korytové akumulace bez vegetačního pokryvu nacházely především v zákrutech a do vzdálenosti 20 m od zákrutu (obr. 62), zatímco korytové akumulace s vegetací byly zaznamenány ve větších vzdálenostech od zákrutu (do 100 m).



Obr. 62: Typ vegetačního pokryvu korytových akumulací a poloha vzhledem k zákrutům na Litavce. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. - max., 0 - bez vegetace, 1 - travní porost, 2 - s keři případně stromy.

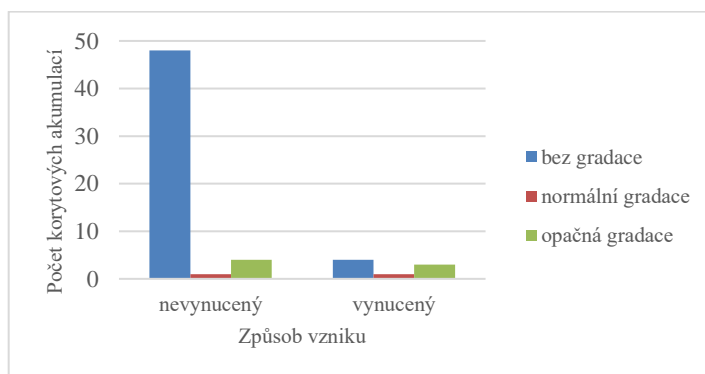
➤ *Kvalitativní charakteristiky akumulačních forem:*

U šterkovokamenitých korytových akumulací převládal holý povrch bez vegetačního pokryvu, zatímco u hlinitopísčitých a kombinovaných korytových akumulací převládal travní porost (obr. 63).



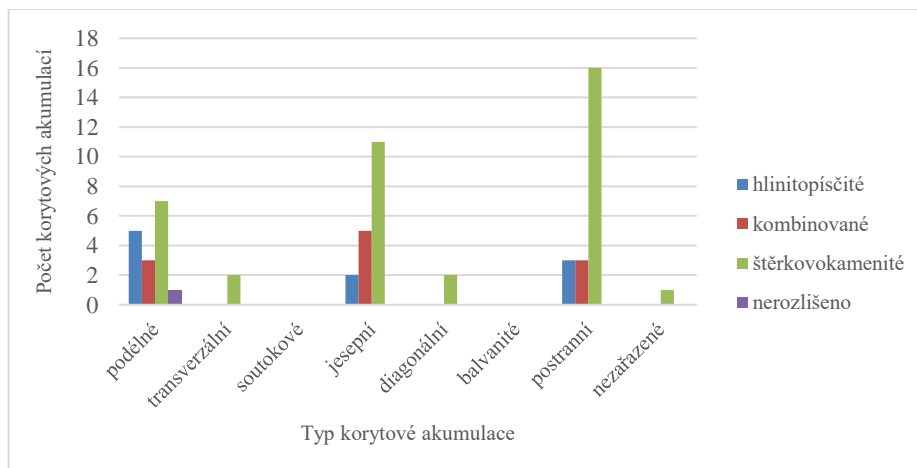
Obr. 63: Zastoupení vegetačního pokryvu dle materiálu korytových akumulací.

U Litavky byly nejvíce zastoupeny korytové akumulace se samovolným způsobem vzniku a se zrnitostně neutříděným materiálem (obr. 64). Korytové akumulace s normální gradací byly zastoupeny nejméně z celkového počtu korytových akumulací.



Obr. 64: Zastoupení korytových akumulací s různou gradací dle způsobu vzniku.

K vazbě materiálu na typ korytové akumulace lze říci, že hlinitopísčité materiálem převažoval u podélných, kombinovaný u jeseptních a šterkovokamenitý u postranních korytových akumulací, které byly zastoupeny nejvíce ze všech typů korytových akumulací (obr. 65). Z hlediska materiálu převažovala na Litavce šterkovokamenitá zrnitostní frakce.



Obr. 65: Zastoupení materiálu u jednotlivých typů korytových akumulací.

6.2.2.2. Vazby polohových a morfometrických charakteristik erozních forem

➤ Rozšíření břehových nátrží:

Z hlediska závislosti výskytu břehových nátrží na jejich poloze před/za zákrutem nebyla pomocí korelace zjištěna žádná signifikantní vazba. Stejně jako u délek břehových nátrží nebyla zjištěna signifikantní vazba ani mezi výškou břehových nátrží a jejich polohou před a za zákrutem (tab. 40).

Tab. 40: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží Litavky. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace (Tabulka4) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=46 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Šířka toku:	Délka:	Výška:	Šířka:	Poloha před zákrutem:	Poloha za zákrutem:	Absolutní vzdálenost:	Relativní vzdálenost:
Šířka toku:	1,000000	-0,178784	-0,052598	0,064755	0,138540	0,055213	0,118998	0,118998
Délka:	-0,178784	1,000000	-0,034544	0,430361	-0,179507	-0,093750	0,055452	0,055452
Výška:	-0,052598	-0,034544	1,000000	-0,060435	-0,279527	0,035725	0,003708	0,003708
Šířka:	0,064755	0,430361	-0,060435	1,000000	-0,113915	-0,093445	0,155705	0,155705
Poloha před zákrutem:	0,138540	-0,179507	-0,279527	-0,113915	1,000000	0,155751	0,186276	0,186276
Poloha za zákrutem:	0,055213	-0,093750	0,035725	-0,093445	0,155751	1,000000	-0,006770	-0,006770
Absolutní vzdálenost:	0,118998	0,055452	0,003708	0,155705	0,186276	-0,006770	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost:	0,118998	0,055452	0,003708	0,155705	0,186276	-0,006770	1,000000	1,000000

Z korelační matice (tab. 40) rovněž vyplývá, že se neprokázal statisticky významný vztah mezi polohou břehových nátrží vzhledem k zákrutu a jejich absolutní i relativní vzdáleností. Stejně tak neexistuje statisticky signifikantní korelace mezi výškou i délkou břehových nátrží a jejich absolutní vzdáleností.

➤ Vazba břehových nátrží na překážky v korytě:

Z šetření vazby břehových nátrží na přítomnost stupňů pomocí chí kvadrát testu dobré shody vyplynulo, že výskyt břehových nátrží a stupňů byl v jednotlivých kategoriích vzdáleností od zákrutů odlišný (tab. 41 a 42). Jak pro vzdálenost před, tak i za zákrutem byla hodnota testového kritéria vyšší než kritická hodnota 7,82. Jak břehové nátrže, tak i stupně zcela jasně převažovali ve vzdálenosti 0-50 metrů od zákrutu. Za zákrutem výskyt břehových nátrží a stupňů nejprve s rostoucí vzdáleností klesal a ve vzdálenosti 151-500 metrů od zákrutu opět nepatrně narůstal. U stupňů před zákrutem byla situace stejná jako za zákrutem, zatímco výskyt břehových nátrží klesal s rostoucí vzdáleností.

Tab. 41: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	27	5	1	3	36
Stupně (relativní hodnoty)	75 %	13,89 %	2,78 %	8,33 %	100 %
Břehové nátrže (pozorované)	43	2	1	-	46
Břehové nátrže (očekávané)	34,5	6,39	1,28	3,83	46
chí kvadrát	2,09	3,0	0,06	3,83	8,98

Tab. 42: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost za zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	26	4	2	4	36
Stupně (relativní hodnoty)	72,22 %	11,11 %	5,56 %	11,11 %	100 %
Břehové nátrže (pozorované)	43	1	-	2	46
Břehové nátrže (očekávané)	33,22	5,11	2,56	5,11	46
chi kvadrát	2,88	3,31	2,56	1,89	10,64

Další šetření souvislosti mezi polohou překážek a břehových nátrží vzhledem k zákrutům ukázalo, že zde není signifikantní vztah (tab. 43). Ani mezi výškou stupňů a výškou břehových nátrží nebyl zjištěn statisticky významný vztah.

Tab. 43: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a překážek na Litavce. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=46 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha BN před zákrutem:	Poloha BN za zákrutem:	Poloha překážky před zákrutem:	Poloha překážky za zákrutem:	Absolutní vzdálenost BN:	Relativní vzdálenost BN:	Absolutní vzdálenost překážky:	Relativní vzdálenost překážky:
Poloha BN před zákrutem:	1,000000	0,155751	0,088015	-0,141354	0,186276	0,186276	0,172216	0,172216
Poloha BN za zákrutem:	0,155751	1,000000	-0,119083	-0,120159	-0,006770	-0,006770	0,058336	0,058336
Poloha překážky před zákrutem:	0,088015	-0,119083	1,000000	0,046140	-0,057344	-0,057344	-0,048630	-0,048630
Poloha překážky za zákrutem:	-0,141354	-0,120159	0,046140	1,000000	-0,245661	-0,245661	-0,329589	-0,329589
Absolutní vzdálenost BN:	0,186276	-0,006770	-0,057344	-0,245661	1,000000	1,000000	0,924575	0,924575
Relativní vzdálenost BN:	0,186276	-0,006770	-0,057344	-0,245661	1,000000	1,000000	0,924575	0,924575
Absolutní vzdálenost překážky:	0,172216	0,058336	-0,048630	-0,329589	0,924575	0,924575	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost překážky:	0,172216	0,058336	-0,048630	-0,329589	0,924575	0,924575	1,000000	1,000000

➤ *Změna morfologie břehových nátrží v závislosti na poloze:*

Délka břehových nátrží se se vzdáleností od pramene/začátku měřeného úseku neměnila, vztah měřený korelací nebyl signifikantní ($r = 0,055452$). Stejně tak se neměnila délka břehových nátrží se vzdáleností od zákrutů (tab. 40). V obou případech se neprokázal statisticky významný vztah (před zákrutem: $r = -0,179507$, za zákrutem: $r = -0,093750$). Rovněž ani mezi výškou břehových nátrží a jejich absolutní i relativní vzdáleností nevyšel statisticky významný vztah ($r = 0,003708$).

➤ *Kvalitativní charakteristiky břehových nátrží:*

Z šetření souvislosti mezi délkou a výškou břehových nátrží se ukázalo, že mezi oběma proměnnými se neprokázal statisticky významný vztah ($r = -0,034544$). Stejně tak tomu bylo i u šetření vazby mezi délkou břehových nátrží a šířkou koryta ($r = -0,178784$). Statisticky významný vztah vyšel pouze mezi délkou a šířkou břehových nátrží ($r = 0,430361$) (tab. 40).

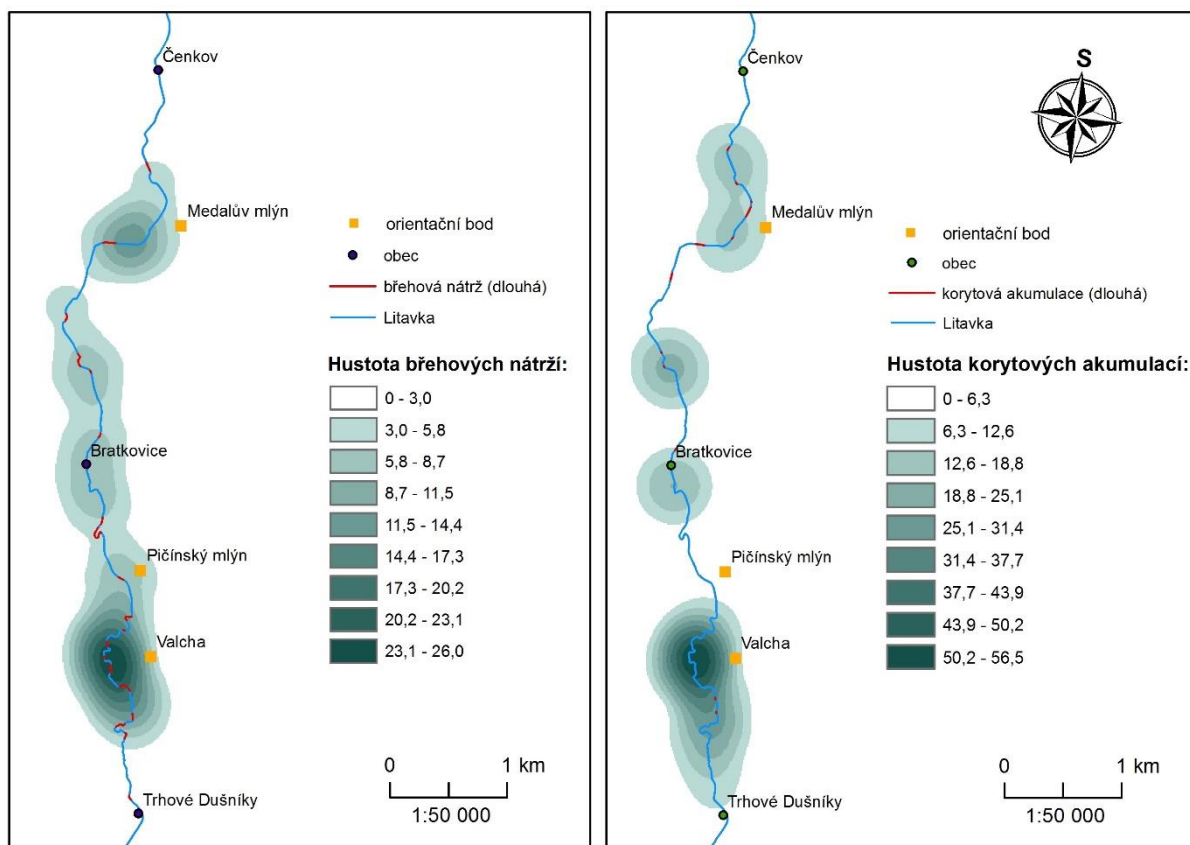
➤ *Vzájemné ovlivnění korytových akumulací a břehových nátrží.:*

Z korelační matice (tab. 44) vyšel statisticky významný vztah mezi polohou korytových akumulací a břehových nátrží za zákrutem ($r = 0,384417$), dále také mezi výskytem břehových nátrží a korytových akumulací a jejich absolutní i relativní vzdáleností.

Tab. 44: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a korytových akumulací na Litavce.
Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace (Tabulka3) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=46 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha KA před zákrutem:	Poloha KA za zákrutem:	Poloha BN před zákrutem:	Poloha BN za zákrutem:	Absolutní vzdálenost KA:	Relativní vzdálenost KA:	Absolutní vzdálenost BN:	Relativní vzdálenost BN:
Poloha KA před zákrutem:	1,000000	0,429748	0,040412	-0,028205	0,203256	0,203256	0,121115	0,121115
Poloha KA za zákrutem:	0,429748	1,000000	0,031735	0,384417	0,198901	0,198901	0,164036	0,164036
Poloha BN před zákrutem:	0,040412	0,031735	1,000000	0,155751	0,205999	0,205999	0,186276	0,186276
Poloha BN za zákrutem:	-0,028205	0,384417	0,155751	1,000000	0,056385	0,056385	-0,006770	-0,006770
Absolutní vzdálenost KA:	0,203256	0,198901	0,205999	0,056385	1,000000	1,000000	0,958722	0,958722
Relativní vzdálenost KA:	0,203256	0,198901	0,205999	0,056385	1,000000	1,000000	0,958722	0,958722
Absolutní vzdálenost BN:	0,121115	0,164036	0,186276	-0,006770	0,958722	0,958722	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost BN:	0,121115	0,164036	0,186276	-0,006770	0,958722	0,958722	1,000000	1,000000

Z šetření hustoty korytových akumulací a břehových nátrží Litavky vyplynulo, že břehové nátrže byly rovnoměrněji rozmístěny po celém mapovaném úseku, zatímco výskyt korytových akumulací byl více omezen na určitá místa v toku (obr. 66). Nicméně místa výskytu obou typů forem byla podobná a největší hustota jejich výskytu byla zjištěna v okolí Valchy, kde tok vytváří nejvýraznější zákruty v rámci celého úseku mapování.



Obr. 66: Hustota břehových nátrží a korytových akumulací v úseku mezi Trhovými Dušňíky a Čenkovem.
Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet břehových nátrží/korytových akumulací na 1 km², rádius je 500 m.

6.2.3. Fluviální formy Kocáby

U Kocáby se z důvodů neprostupnosti toku v některých částech (osada u toku) mapovaly dva úseky o celkové délce cca 4,5 km. První úsek byl mezi Malou Lečicí a hájovnou u Kocáby a druhý mezi osadou Rewaston a ústím Královky. Celkem bylo v obou zájmových úsecích zmapováno 273 objektů (tab. 45). Akumulačních forem bylo 137, erozních forem 156 a překážek 79, z toho ani jeden jez.

Tab. 45: Přehled zmapovaných objektů Kocáby.

Akumulační fluviální formy	137	Korytové akumulace	137
Erozní fluviální formy	56	Břehové nátrže	54
		Sekundární koryta	-
		Erozně odříznuté části břehů	2
Překážky v korytě	79	Přírodní překážky	69
		Antropogenní překážky	10

První úsek mapování byl charakteristický přirozenějším rázem koryta s častým střídáním přímých a křivolakých úseků. Tento úsek Kocáby byl ovlivněn antropogenními zásahy pouze v místech, kde koryto překlenují lávky nebo v okolí chatků, kterých zde bylo málo. V tomto úseku byl typický výskyt různých typů zejména šterkovokamenitých korytových akumulací a vysokých břehových nátrží, místy se v korytě vyskytovaly i výrazné překážky v podobě závalů dřevní hmoty (obr. 67 - 72). Mnohé fluviální formy i překážky byly pozůstatky z ničivé povodně na Kocábě v červnu 2013. V druhém úseku mezi osadou Rewaston a ústím Královky klesala pestrost fluviálních forem v korytě i členitost samotného koryta ve směru toku. U ústí Královky navazovalo na konec úseku mapování souvislé zpevnění břehů kameny a betonem a koryto Kocáby bylo až do Štěchovic velmi silně ovlivněné antropogenními zásahy.



Obr. 67: Pohled na začátek souvislé úpravy Kocáby od ústí Královky k ústí Kocáby do Vltavy (vlevo) a začátek úseku mapování, kde je koryto místy zpevněno kameny cca 100 m (vpravo) (3. 7. 2015).



Obr. 68: Korytová akumulace s travním porostem (vlevo) a korytová akumulace bez vegetačního porostu (vpravo) (3. 7. 2015).



Obr. 69: Zával dřevní hmoty a dalšího materiálu napříč celým korytem (vlevo) a postranní korytová akumulace (vpravo) (3. 7. 2015).



Obr. 70: Břehová nátrž a jesepní korytová akumulace (vlevo) a závaly dřevní hmoty s jesepní korytovou akumulací (vpravo) (1. 7. 2015).



Obr. 71: Ukázka pestrého koryta rozčleněného zbytky kmenů v korytě s korytovými akumulacemi (oba snímky) (2. 7. 2015).



Obr. 72: Úsek s více korytovými akumulacemi porostlými trávobylinným porostem a dřevními závaly (vlevo nahoře), břehová nátrž (vlevo uprostřed) a dlouhé korytové akumulace (vlevo dole a vpravo) (1. – 2. 7. 2015).

6.2.3.1. Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumulčních forem

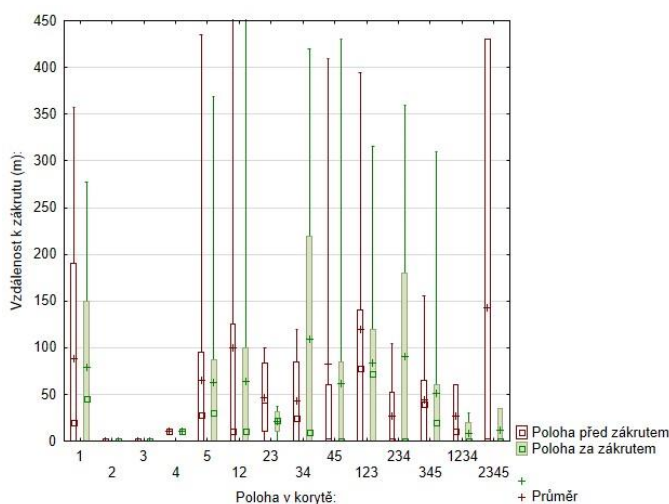
➤ Rozšíření akumulčních forem:

Z hlediska závislosti výskytu korytových akumulací na jejich poloze před zákrutem nebyla pomocí korelace zjištěna žádná signifikantní vazba. V případě výskytu korytových akumulací za zákruty se zjistila záporná signifikantní vazba ($r = -0,169014$), což znamená, že délka korytových akumulací rostla s klesající vzdáleností za zákrutem (tab. 46).

Tab. 46: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací na Kocábě. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace (Tabulka2)							
	Šířka toku:	Délka:	Šířka:	Poloha před zákrutem:	Poloha za zákrutem:	Absolutní vzdálenost:	Relativní vzdálenost:	
Šířka toku:	1,000000	-0,219804	-0,257457	-0,061490	0,069468	0,051174	0,051174	
Délka:	-0,219804	1,000000	0,548645	-0,010582	-0,169014	0,125658	0,125658	
Šířka:	-0,257457	0,548645	1,000000	-0,095299	-0,142500	-0,073584	-0,073584	
Poloha před zákrutem:	-0,061490	-0,010582	-0,095299	1,000000	0,260861	0,600001	0,600001	
Poloha za zákrutem:	0,069468	-0,169014	-0,142500	0,260861	1,000000	0,549590	0,549590	
Absolutní vzdálenost:	0,051174	0,125658	-0,073584	0,600001	0,549590	1,000000	1,000000	
Relativní vzdálenost:	0,051174	0,125658	-0,073584	0,600001	0,549590	1,000000	1,000000	

Při šetření souvislosti mezi pozicí korytových akumulací uvnitř koryta a jejich polohou vzhledem k zákrutu vyšlo z výsledků, že korytové akumulace, které se nacházely ve středu koryta a nezasahovaly do více částí příčného profilu koryta, se nacházely blíže zákrutům, než ty které zasahovaly do více částí koryta. Ty se nacházely blíže u břehů nebo s nimi byly přímo spojeny (obr. 73).



Obr. 73: Souvislost mezi polohou korytových akumulací v rámci koryta a jejich polohou vzhledem k zákrutům u Kocáby, medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max..

Mezi délkou korytových akumulací a jejich spojením se břehem se prokázal statisticky významný vztah ($F = 6,5258$, $p = 0,01174$). Delší korytové akumulace byly spojeny se břehem, zatímco kratší byly spíše bez spojení se břehem. Z šetření vazby mezi spojením korytových akumulací

se břehem a jejich vzdáleností od zákrutů nevyšly statisticky významné vztahy ($F = 0,25713$ a $p = 0,77365$). Korytové akumulace bez spojení se břehem se nacházely v průměrné vzdálenosti 55 metrů před zákruty a 60 metrů za zákruty. U korytových akumulací se spojení s břehem vyšla průměrná vzdálenost před zákruty 80 metrů a za zákruty 60 metrů.

➤ *Vazba akumulačních forem na překážky v korytě:*

U Kocáby nebyl zmapován v zájmovém úseku ani jeden jez, proto nebylo možné zjistit vazbu korytových akumulací na přítomnost jezů. Z šetření vazby korytových akumulací na přítomnost stupňů pomocí chí kvadrát testu dobré shody vyplynulo, že výskyt stupňů a korytových akumulací byl v jednotlivých kategoriích vzdáleností od zákrutů rozdílný. Jak pro vzdálenost před, tak i za zákrutem byla hodnota testového kritéria vyšší než kritická hodnota. Na Kocábě bylo zaznamenáno nejméně stupňů ze všech toků (pouze 3) a všechny se nacházely ve vzdálenosti 0-50 m od zákrutu (tab. 47 a 48). Korytových akumulací bylo 137 a nejvíce jich bylo rovněž ve vzdálenosti 0-50 m. S rostoucí vzdáleností klesal počet korytových akumulací s výjimkou kategorie 151-500 m, kde opět došlo k mírnému nárůstu jejich počtu.

Tab. 47: *Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.*

Vzdálenost před zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	3	-	-	-	3
Stupně (relativní hodnoty)	100 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Korytové akumulace (pozorované)	90	17	8	22	137
Korytové akumulace (očekávané)	137	0	0	0	137
chí kvadrát	16,12	0	0	0	16,12

Tab. 48: *Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.*

Vzdálenost za zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	3	-	-	-	3
Stupně (relativní hodnoty)	100 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Korytové akumulace (pozorované)	92	20	9	16	137
Korytové akumulace (očekávané)	137	0	0	0	137
chí kvadrát	14,78	0	0	0	14,78

Z korelační matice vyplývá (tab. 49), že mezi polohou korytových akumulací a překážek vzhledem k zákrutu nebyl zjištěn statisticky významný vztah. Jinak tomu bylo v případě šetření souvislosti mezi absolutními a relativními vzdálenostmi korytových akumulací a překážek, kde byl zjištěn statisticky významný vztah ($r = -0,466290$).

Tab. 49: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a překážek na Kocábě. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=79 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha KA před zákrutem:	Poloha KA za zákrutem:	Poloha překážky před zákrutem:	Poloha překážky za zákrutem:	Absolutní vzdálenost KA:	Relativní vzdálenost KA:	Absolutní vzdálenost překážky:	Relativní vzdálenost překážky:
Poloha KA před zákrutem:	1,000000	0,394475	0,027375	0,073305	0,134200	0,134200	0,149998	0,149998
Poloha KA za zákrutem:	0,394475	1,000000	-0,163754	-0,040816	0,267996	0,267996	0,082728	0,082728
Poloha překážky před zákrutem:	0,027375	-0,163754	1,000000	0,245635	-0,450694	-0,450694	0,559468	0,559468
Poloha překážky za zákrutem:	0,073305	-0,040816	0,245635	1,000000	-0,370376	-0,370376	0,529669	0,529669
Absolutní vzdálenost KA:	0,134200	0,267996	-0,450694	-0,370376	1,000000	1,000000	-0,466290	-0,466290
Relativní vzdálenost KA:	0,134200	0,267996	-0,450694	-0,370376	1,000000	1,000000	-0,466290	-0,466290
Absolutní vzdálenost překážky:	0,149998	0,082728	0,559468	0,529669	-0,466290	-0,466290	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost překážky:	0,149998	0,082728	0,559468	0,529669	-0,466290	-0,466290	1,000000	1,000000

➤ Změna morfologie korytových akumulací v závislosti na poloze:

Mezi délkou ani šířkou korytových akumulací a jejich absolutní i relativní vzdáleností se neprokázal statisticky významný vztah (tab. 46). Zato s rostoucí vzdáleností od pramene narůstaly vzdálenosti korytových akumulací před/za zákrutem.

Z hlediska existence vazby materiálu korytových akumulací na poloze před/za zákrutem, se ukázalo, že rozdělení korytových akumulací dle typu materiálu pro polohy před i za zákrutem bylo ve všech kategoriích vzdáleností od zákrutu obdobné (tab. 50 a 51). Hodnota testového kritéria vyšla pro polohu před i za zákrutem nižší než kritická. Ukázalo se však, že ve všech vzdálenostech od zákrutů převažovaly štěrkovokamenité korytové akumulace, kterých se více než polovina nacházela 0-50 m před i za zákrutem.

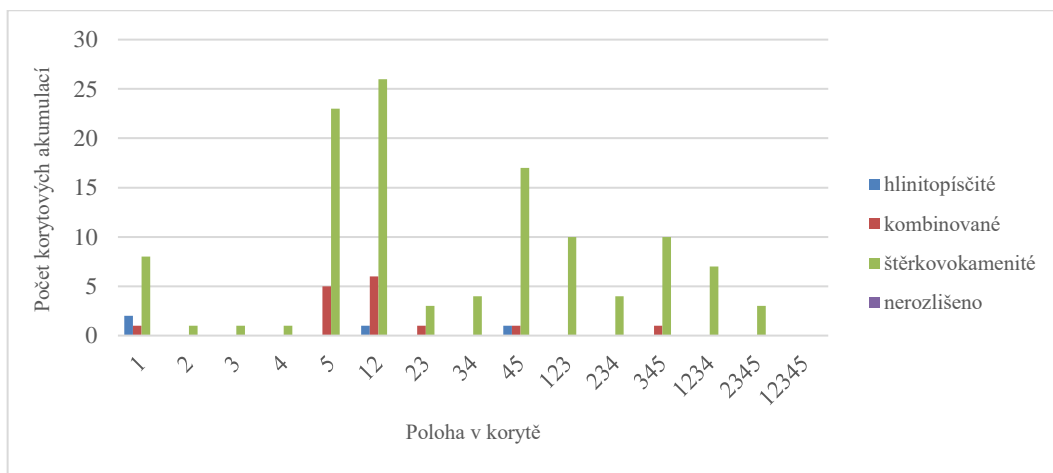
Tab. 50: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem (m)	Hlinitopísčité	Kombinované	Štěrkovokamenité	Nerolžišeno	Suma
0 – 50 (pozorované)	2	12	76	-	90
0 – 50 (relativní hodnoty)	2,22 %	13,33 %	84,44 %	0 %	100 %
51 – 100 (pozorované)	-	-	17	-	17
51 – 100 (očekávané)	0,38	2,27	14,36	-	17
chí kvadrát	0,38	2,27	0,49	0	3,14
101 – 150 (pozorované)	-	1	7	-	8
101 – 150 (očekávané)	0,18	1,07	6,76	-	8
chí kvadrát	0,18	0,01	0,01	0	0,2
151 – 500 (pozorované)	2	2	18	-	22
151 – 500 (očekávané)	0,49	2,93	18,58	-	22
chí kvadrát	4,65	0,30	0,02	0	4,97

Tab. 51: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

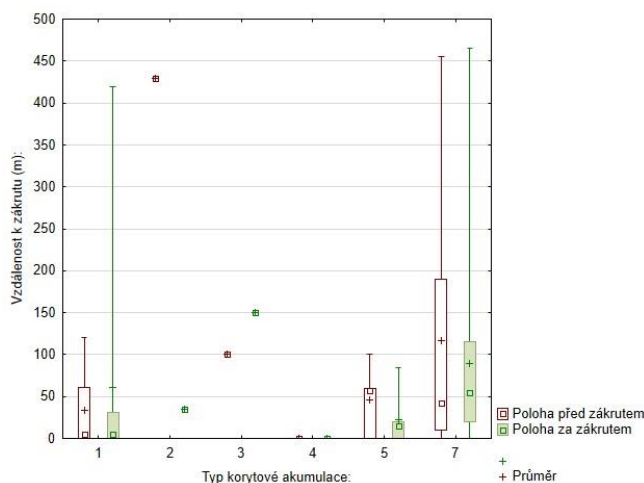
Vzdálenost za zákrutem (m)	Hlinitopísčité	Kombinované	Štěrkovokamenité	Nerolžišeno	Suma
0 – 50 (pozorované)	2	10	80	-	92
0 – 50 (relativní hodnoty)	2,17 %	10,87 %	86,96 %	0 %	100 %
51 – 100 (pozorované)	1	-	19	-	20
51 – 100 (očekávané)	0,43	2,17	17,39	-	20
chí kvadrát	0,76	2,17	0,15	0	3,08
101 – 150 (pozorované)	-	1	8	-	9
101 – 150 (očekávané)	0,20	0,98	7,83	-	9
chí kvadrát	0,20	0	0	0	0,20
151 – 500 (pozorované)	1	4	11	-	16
151 – 500 (očekávané)	0,35	1,74	13,91	-	16
chí kvadrát	1,21	2,94	0,61	0	4,76

Z šetření rozložení materiálu korytových akumulací uvnitř koryta vyplynulo, že u všech typů materiálů převažovaly polohy korytových akumulací se spojením s břehem. U štěrkovokamenitého materiálu byl jeho výskyt v případě Kocáby navíc spjat s rozpínavějšími korytovými akumulacemi, které zabírají více částí příčného profilu koryta (obr. 74).



Obr. 74: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Kocáby a jejich polohou v rámci koryta.

Z hlediska souvislosti mezi typem korytové akumulace a její polohou vzhledem k zákrutům lze říci, že u Kocáby se jesešní, podélné a diagonální korytové akumulace nacházely v zákrutu nebo v jeho blízkosti, zatímco ostatní typy korytových akumulací, jako např. postranní, se nacházely mimo zákruty (obr. 75).



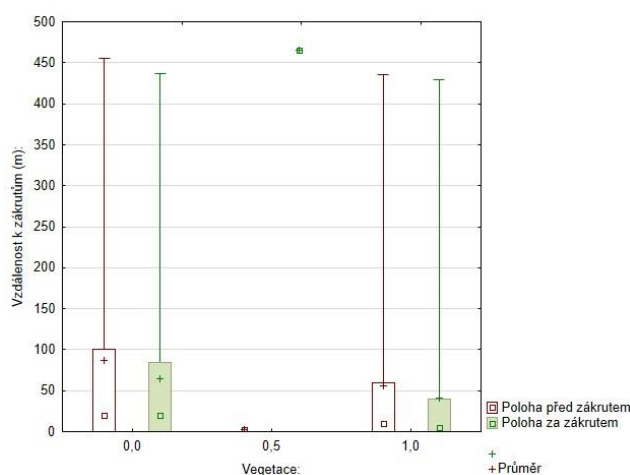
Obr. 75: Souvislost mezi typem korytových akumulací Kocáby a jejich polohou vzhledem k zákrutům.
Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max..

Mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem se nezjistila statisticky významná vazba (tab. 52). Jinak nejvíce převažovaly korytové akumulace se spojením s břehem, z hlediska materiálu pak štěrkovokamenité korytové akumulace.

Tab. 52: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

	Hlinitopísčité	Kombinované	Štěrkovokamenité	Nerozlišeno	Suma
Spojení se břehem	4	14	102	-	120
Spojení se břehem (relativní hodnoty)	3,33 %	11,67 %	85 %	0 %	100 %
Bez spojení se břehem (pozorované)	-	1	16	-	17
Bez spojení se břehem (očekávané)	0,57	1,98	14,45	-	17
chi kvadrát	0,57	0,49	0,17	0	1,23

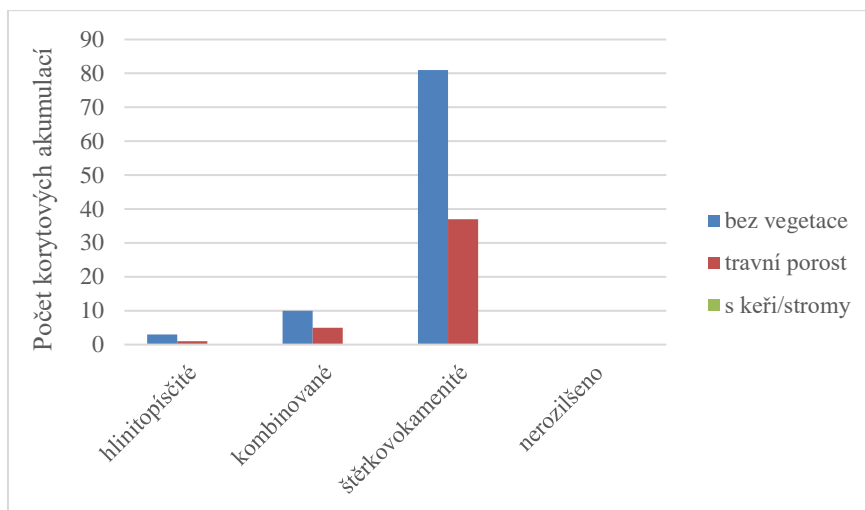
Z šetření stability korytových akumulací a jejich polohy vzhledem k zákrutům vyšlo, že v případě Kocáby převažovaly korytové akumulace bez vegetačního pokryvu nebo případně s travním porostem a to především do vzdálenosti 100 metrů od zákrutu (obr. 76).



Obr. 76: Souvislost mezi vegetačním pokryvem korytových akumulací Kocáby a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max..

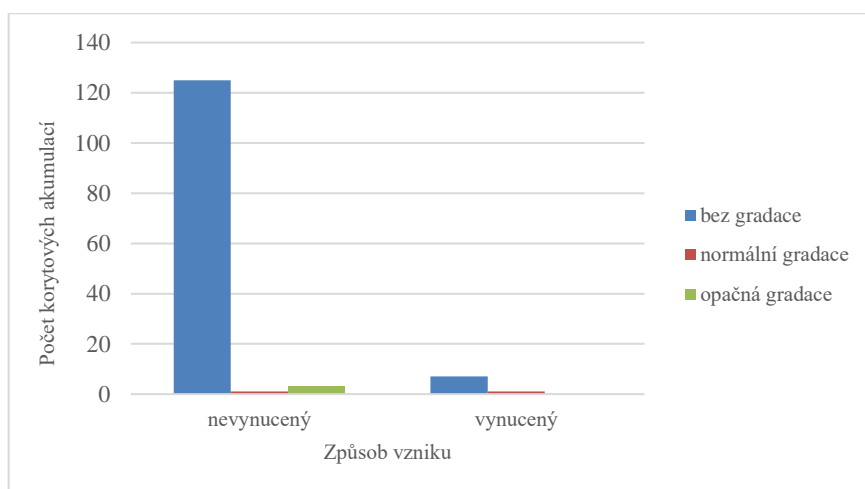
- *Doplňující morfometrické otázky ke korytovým akumulacím přibližující jejich chování v toku v závislosti na dalších morfometrických parametrech:*

Z šetření vazby mezi materiálem korytových akumulací a jejich vegetačním pokryvem se ukázalo, že u všech typů materiálu převažovalo zastoupení korytových akumulací bez vegetačního pokryvu. Toto zastoupení bylo největší u štěrkovokamenitých korytových akumulací (obr. 77).



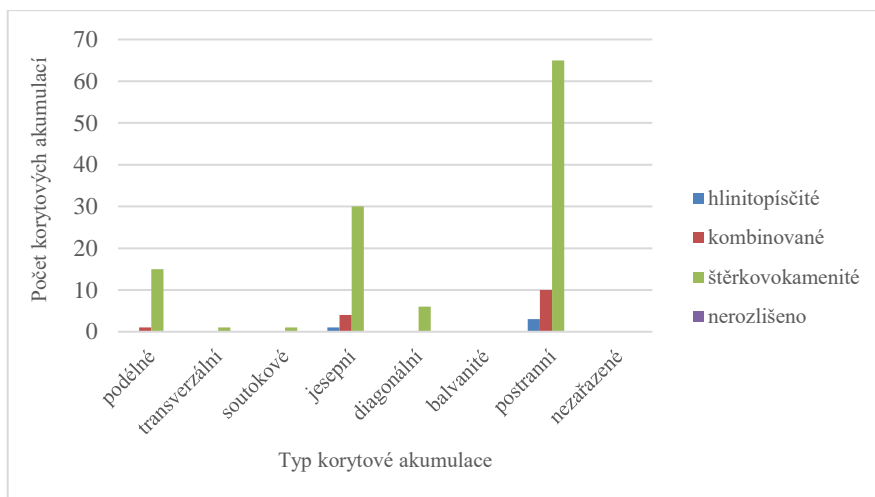
Obr. 77: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Kocáby a jejich vegetačním pokryvem.

Na Kocábě převažovaly korytové akumulace s nevynuceným způsobem vzniku a bez gradačního zvrstvení materiálu (obr. 78).



Obr. 78: Souvislost mezi způsobem vzniku korytové akumulace a její gradací u Kocáby.

Nebyla zjištěna souvislost mezi materiálem a typem korytové akumulace. U všech typů korytových akumulací převažoval štěrkovokamenitý materiál (obr. 79).



Obr. 79: Souvislost mezi typem korytové akumulace a materiálem u Kocáby.

6.2.3.2. Vazby polohových a morfometrických charakteristik erozních forem

➤ Rozšíření břehových nátrží:

Z hlediska závislosti výskytu břehových nátrží na jejich poloze před/za zákrutem nebyla pomocí korelace (tab. 53) zjištěna žádná signifikantní vazba, zato mezi výškou břehových nátrží a polohou vzhledem k zákrutům existuje signifikantní záporná vazba. Mezi polohou břehových nátrží vzhledem k zákrutu a absolutní i relativní vzdáleností byla zjištěna statisticky významná kladná korelace.

Tab. 53: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace (Tabulka4)							
	Šířka toku:	Délka:	Šířka:	Výška:	Poloha před zákrutem:	Poloha za zákrutem:	Absolutní vzdálenost:	Relativní vzdálenost:
Šířka toku:	1,000000	-0,025560	0,044914	0,034847	0,346777	0,202446	0,351576	0,351576
Délka:	-0,025560	1,000000	-0,076781	-0,007373	0,266558	0,034215	0,151847	0,151847
Šířka:	0,044914	-0,076781	1,000000	-0,001132	-0,160409	-0,048301	0,021373	0,021373
Výška:	0,034847	-0,007373	-0,001132	1,000000	-0,299937	-0,313297	-0,311279	-0,311279
Poloha před zákrutem:	0,346777	0,266558	-0,160409	-0,299937	1,000000	0,445934	0,641728	0,641728
Poloha za zákrutem:	0,202446	0,034215	-0,048301	-0,313297	0,445934	1,000000	0,674461	0,674461
Absolutní vzdálenost:	0,351576	0,151847	0,021373	-0,311279	0,641728	0,674461	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost:	0,351576	0,151847	0,021373	-0,311279	0,641728	0,674461	1,000000	1,000000

➤ Vazba břehových nátrží na překážky v korytě:

Z šetření vazby břehových nátrží na výskyt stupňů dle chí kvadrát testu dobré shody vyplynulo, že rozmístění stupňů a břehových nátrží bylo v jednotlivých kategoriích vzdáleností od zákrutu rozdílné pouze pro polohy před zákrutem. Za zákrutem už byla hodnota testového kritéria nižší než kritická hodnota (tab. 54 a 55). Všechny stupně a převážná část břehových nátrží se nacházely do vzdálenosti 0-50 m od zákrutu. S rostoucí vzdáleností klesal počet břehových nátrží a až v úseku 151-500 m jejich počet opět nepatrně vzrostl.

Tab. 54: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	3	-	-	-	3
Stupně (relativní hodnoty)	100 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Břehové nátrže (pozorované)	33	8	5	8	54
Břehové nátrže (očekávané)	54	-	-	-	54
chi kvadrát	8,17	0	0	0	8,17

Tab. 55: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost za zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	3	-	-	-	3
Stupně (relativní hodnoty)	100 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Břehové nátrže (pozorované)	38	7	2	7	54
Břehové nátrže (očekávané)	54	-	-	-	54
chi kvadrát	4,74	0	0	0	4,74

V případě Kocáby nebylo možné provést šetření vlivu výšky stupňů na výskyt břehových nátrží, protože v zájmových úsecích byly zaznamenány pouze tři stupně. Mezi polohami překážek a břehových nátrží vzhledem k zákrutu nebyl zjištěn statisticky významný vztah, zato mezi jejich absolutními a relativními vzdálenostmi byla zjištěna záporná signifikantní korelace (tab. 56).

Tab. 56: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a překážek na Kocábě. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=54 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha BN před zákrutem:	Poloha BN za zákrutem:	Poloha překážky před zákrutem:	Poloha překážky za zákrutem:	Absolutní vzdálenost BN:	Relativní vzdálenost BN:	Absolutní vzdálenost překážky:	Relativní vzdálenost překážky:
Poloha BN před zákrutem:	1,000000	0,452542	0,215549	0,006696	0,622558	0,622558	-0,567941	-0,567941
Poloha BN za zákrutem:	0,452542	1,000000	0,101326	0,080523	0,656760	0,656760	-0,459150	-0,459150
Poloha překážky před zákrutem:	0,215549	0,101326	1,000000	0,382387	0,275991	0,275991	0,010440	0,010440
Poloha překážky za zákrutem:	0,006696	0,080523	0,382387	1,000000	0,174561	0,174561	0,110209	0,110209
Absolutní vzdálenost BN:	0,622558	0,656760	0,275991	0,174561	1,000000	1,000000	-0,430070	-0,430070
Relativní vzdálenost BN:	0,622558	0,656760	0,275991	0,174561	1,000000	1,000000	-0,430070	-0,430070
Absolutní vzdálenost překážky:	-0,567941	-0,459150	0,010440	0,110209	-0,430070	-0,430070	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost překážky:	-0,567941	-0,459150	0,010440	0,110209	-0,430070	-0,430070	1,000000	1,000000

➤ *Změna morfologie břehových nátrží v závislosti na poloze:*

Z korelační matice (tab. 53) vyplývá, že neexistuje statisticky významný vztah mezi délkou břehových nátrží a jejich absolutní/relativní vzdáleností. Stejně tak se nepodařilo prokázat, že by se statisticky významně měnila délka břehových nátrží se změnou vzdálenosti před/za zákrutem. Naopak platí, že výška břehových nátrží klesala s absolutní i relativní vzdáleností.

➤ *Kvalitativní charakteristiky břehových nátrží:*

Mezi délkou a výškou břehových nátrží se nepodařilo prokázat statisticky významný vztah ($r = -0,007373$) (viz tab. 53). Stejně tak tomu bylo i v případě vazby mezi délkou a šířkou břehových nátrží ($r = -0,076781$) a délkou břehových nátrží a šířkou koryta ($r = -0,025560$).

➤ *Vzájemné ovlivnění korytových akumulací a břehových nátrží:*

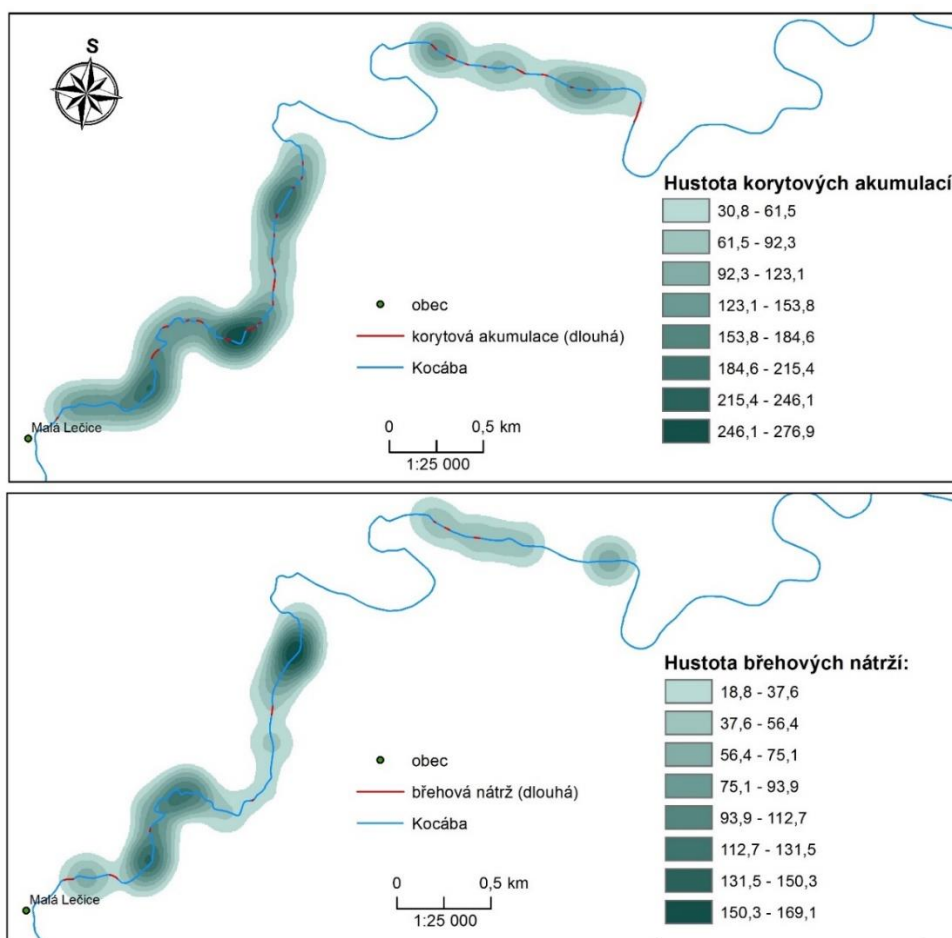
Z korelační matice (tab. 57) nevyšla statisticky významná vazba mezi výskytem korytových akumulací a břehových nátrží vzhledem k zákrutu. Mezi jejich absolutními i relativními vzdálenostmi

se zjistila záporná signifikantní korelace (tab. 57), kdy s rostoucí vzdáleností od pramene klesal počet korytových akumulací a břehových nátrží.

Tab. 57: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a břehových nátrží Kocáby.
Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=54 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha KA před zákrutem:	Poloha KA za zákrutem:	Poloha BN před zákrutem:	Poloha BN za zákrutem:	Absolutní vzdálenost KA:	Relativní vzdálenost KA:	Absolutní vzdálenost BN:	Relativní vzdálenost BN:
Poloha KA před zákrutem:	1,000000	0,386771	-0,146312	-0,167648	0,373123	0,373123	-0,172863	-0,172863
Poloha KA za zákrutem:	0,386771	1,000000	-0,133984	-0,151628	0,448535	0,448535	-0,120890	-0,120890
Poloha BN před zákrutem:	-0,146312	-0,133984	1,000000	0,452542	-0,534642	-0,534642	0,622558	0,622558
Poloha BN za zákrutem:	-0,167648	-0,151628	0,452542	1,000000	-0,436682	-0,436682	0,656760	0,656760
Absolutní vzdálenost KA:	0,373123	0,448535	-0,534642	-0,436682	1,000000	1,000000	-0,349253	-0,349253
Relativní vzdálenost KA:	0,373123	0,448535	-0,534642	-0,436682	1,000000	1,000000	-0,349253	-0,349253
Absolutní vzdálenost BN:	-0,172863	-0,120890	0,622558	0,656760	-0,349253	-0,349253	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost BN:	-0,172863	-0,120890	0,622558	0,656760	-0,349253	-0,349253	1,000000	1,000000

Z šetření hustoty korytových akumulací a břehových nátrží se ukázalo, že místa s největším výskytem obou forem nebyla zcela shodně rozložená (obr. 80). Nicméně v prvním úseku mezi Malou Lečicí a hájovnou byly koncentrace akumuláčnických i erozních forem mnohem vyšší a byly vázány především na zákruty. Zároveň dlouhé korytové akumulace (obr. 80) byly rozmístěny mnohem rovnoměrněji po celém úseku mapování.



Obr. 80: Hustota korytových akumulací a břehových nátrží v úseku mezi Malou Lečicí a ústím Královky.
Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet břehových nátrží/korytových akumulací na 1 km², rádius je 200 m.

6.2.4. Fluviální formy Loděnice

V zájmových úsecích Loděnice mezi Svatým Janem pod Skalou a Hostimí a Hostimí a ústím Loděnice do Berounky bylo zmapováno celkem 202 objektů (tab. 58, obr. 81 - 86).

Tab. 58: Přehled zmapovaných objektů Loděnice.

Akumulační fluviální formy	101	Korytové akumulace	101
Erozní fluviální formy	29	Břehové nátrže	13
		Sekundární koryta	2
		Erozně odříznuté části břehů	14
Překážky v korytě	72	Přírodní překážky	65
		Antropogenní překážky	7

Pro Loděnici byl typický výskyt buď drobných a nebo naopak rozměrově velkých korytových akumulací. Břehových nátrží zde nebylo moc, ale některé dosahovaly značných rozměrů. Jinak podél celého úseku mapování byl pro Loděnici charakteristický výskyt tzv. pulsujícího systému, kdy břehy jsou postupně erozní činností toku vykrajovány a vznikají tzv. vykrojené oblouky břehu s výčnělky fixovanými např. stromovou nebo keřovou vegetací. V úseku Hostim – Svatý Jan pod Skalou se v některých částech nacházely břehy s částečně zachovalým kamenným zpevněním.



Obr. 81: Ústí Loděnice do Berounky s korytovou akumulací (vlevo) a závaly dřevní hmoty s náznakem povodňového koryta vpravo před lokalitou V Kozli (vpravo) (29. 7. 2015).



Obr. 82: Korytová akumulace s kládou vytvářející překážku v korytě (vlevo) a břehová nátrž při výsepním břehu s protilehlou korytovou akumulací (vpravo) poblíž lokality V Kozli (29. 7. 2015).



Obr. 83: Zával dřevní hmoty s vynucenou korytovou akumulací (vlevo) a velká korytová akumulace s travním porostem (vpravo) u lokality V Kozli (29. 7. 2015).



Obr. 84: Korytová akumulace s břehovou nátrží u mostu V Kozli (vlevo), korytová akumulace a ukázka dna toku s kameny v úseku ústí Loděnice – Hostim (vpravo) (29. 7. 2015).



Obr. 85: Stupeň s korytovou akumulací a břehovou nátrží u Hostimi (vlevo nahoře), korytová akumulace v úseku ústí Loděnice-Hostim (vpravo)(29. 7. 2015) a ukázka břehu souvisle zpevněného kameny, místy zničeného v úseku Hostim-Svatý Jan pod Skalou (vlevo dole) (30. 7. 2015).



Obr. 86: Korytová akumulace (vlevo) a korytová akumulace s erozně odříznutou částí břehu (vpravo) v úseku Hostim - Svatý Jan pod Skalou (30. 7. 2015).

6.2.4.1. Vazby polohových a morfometrických charakteristik akumulčních forem

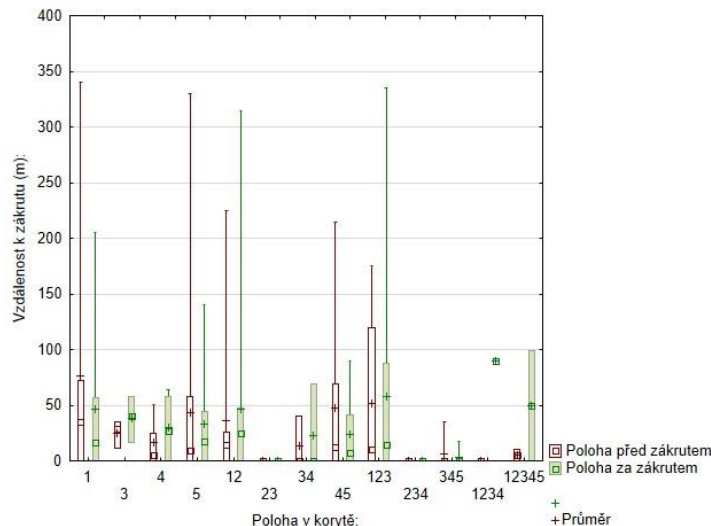
➤ *Rozšíření akumulčních forem:*

Z hlediska závislosti výskytu korytových akumulací na jejich poloze před/za zákrutem nebyla pomocí korelace zjištěna žádná signifikantní vazba (tab. 59).

Tab. 59: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací Loděnice. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=101 (Celé případy vynechány u ChD)						
	Šířka toku:	Délka:	Šířka:	Poloha před zákrutem:	Poloha za zákrutem:	Absolutní vzdálenost:	Relativní vzdálenost:
Šířka toku:	1,000000	-0,093474	-0,087973	0,074826	0,008920	0,173302	0,173302
Délka:	-0,093474	1,000000	0,332003	0,167680	0,095117	0,009620	0,009620
Šířka:	-0,087973	0,332003	1,000000	-0,113496	-0,007772	0,033750	0,033750
Poloha před zákrutem:	0,074826	0,167680	-0,113496	1,000000	0,189243	0,135501	0,135501
Poloha za zákrutem:	0,008920	0,095117	-0,007772	0,189243	1,000000	0,308639	0,308639
Absolutní vzdálenost:	0,173302	0,009620	0,033750	0,135501	0,308639	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost:	0,173302	0,009620	0,033750	0,135501	0,308639	1,000000	1,000000

V případě šetření souvislosti mezi polohou korytových akumulací v rámci koryta a jejich polohou vzhledem k zákrutu se ukázalo, že korytové akumulace s polohou ve středu koryta se nacházely v zákrutu a jeho blízkosti (obr. 87). Oproti tomu korytové akumulace s polohami při březích nebo ve spojení s nimi se nacházely jak v zákrutech, tak i ve větších vzdálenostech od zákrutů.



Obr. 87: Souvislost mezi polohou korytových akumulací Loděnice v korytě a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max..

Při porovnání průměrných délek korytových akumulací Loděnice se ukázalo, že korytové akumulace bez spojení se břehem dosahovaly menších průměrných délek (6,5 m) než ty, které byly spojeny s břehem (9 m). Tento rozdíl však nebyl statisticky významný ($F = 1,4488$, $p = 0,23159$).

Stejně tak se nepodařilo prokázat signifikantní vazbu mezi spojením korytových akumulací se břehem a jejich vzdáleností od zákrutů ($F = 2,0726$ a $p = 0,13134$, platí pro polohy před/za zákruty). Korytové akumulace bez spojení se břehem se nacházely v průměrné vzdálenosti 12 metrů před zákruty a 18 metrů za zákruty, zatímco korytové akumulace se spojením s břehem se nacházely v průměrné vzdálenosti 48 metrů před zákruty a 42 metrů za zákruty.

➤ *Vazba akumulačních forem na překážky v korytě:*

V mapovaném úseku Loděnice byly zaznamenány pouze pozůstatky jednoho jezu, který byl značně rozpadlý a pod ním se nacházel divočící úsek s několika sekundárními koryty a korytovými akumulacemi, který nebyl zahrnut do výzkumu. Proto nebylo možné u Loděnice, obdobně jako u Kocáby, zjistit vazbu korytových akumulací na přítomnost jezů.

Z šetření vazby korytových akumulací na přítomnost stupňů pomocí chí kvadrát testu dobré shody vyplynulo, že v případě poloh před zákrutem byl výskyt stupňů a korytových akumulací v jednotlivých vzdálenostech od zákrutů odlišný (tab. 60). V případě poloh za zákruty byl výskyt stupňů a korytových akumulací v jednotlivých kategoriích vzdáleností od zákrutů obdobný (tab. 61). Jinak v obou případech se převážná většina stupňů a korytových akumulací nacházela ve vzdálenosti do 50 metrů od zákrutů. S rostoucí vzdáleností za zákruty klesal počet zaznamenaných stupňů i korytových akumulací. To však neplatí pro polohy před zákruty, kde bylo zastoupení stupňů i korytových akumulací v jednotlivých vzdálenostech nepravidelné.

Tab. 60: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	13	2	3	1	19
Stupně (relativní hodnoty)	68,42 %	10,53 %	15,79 %	5,26 %	100 %
Korytové akumulace (pozorované)	76	10	6	9	101
Korytové akumulace (očekávané)	69,10	10,64	15,95	5,31	101
chi kvadrát	0,69	0,04	6,21	2,56	9,5

Tab. 61: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem korytových akumulací a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost za zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	13	5	1	0	19
Stupně (relativní hodnoty)	68,42 %	26,32 %	5,26 %	0 %	100 %
Korytové akumulace (pozorované)	76	14	6	5	101
Korytové akumulace (očekávané)	69,10	26,58	5,31	0	101
chi kvadrát	0,69	5,95	0,09	0	6,73

V případě vazby mezi polohou překážek a korytových akumulací před zákruty se nezjistil statisticky významný vztah, zatímco za zákruty vyšla kladná signifikantní korelace (tab. 62). Statisticky významná kladná korelace se zjistila i mezi absolutními/relativními vzdálenostmi překážek a korytových akumulací.

Tab. 62: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a překážek Loděnice. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=72 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha KA před zákrutem:	Poloha KA za zákrutem:	Poloha překážky před zákrutem:	Poloha překážky za zákrutem:	Absolutní vzdálenost KA:	Relativní vzdálenost KA:	Absolutní vzdálenost překážky:	Relativní vzdálenost překážky:
Poloha KA před zákrutem:	1,000000	0,123070	0,047072	0,027122	-0,052823	-0,052823	-0,002036	-0,002036
Poloha KA za zákrutem:	0,123070	1,000000	0,212395	0,255300	0,164898	0,164898	0,198158	0,198158
Poloha překážky před zákrutem:	0,047072	0,212395	1,000000	0,218793	0,171359	0,171359	0,186821	0,186821
Poloha překážky za zákrutem:	0,027122	0,255300	0,218793	1,000000	0,456745	0,456745	0,445943	0,445943
Absolutní vzdálenost KA:	-0,052823	0,164898	0,171359	0,456745	1,000000	1,000000	0,976306	0,976306
Relativní vzdálenost KA:	-0,052823	0,164898	0,171359	0,456745	1,000000	1,000000	0,976306	0,976306
Absolutní vzdálenost překážky:	-0,002036	0,198158	0,186821	0,445943	0,976306	0,976306	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost překážky:	-0,002036	0,198158	0,186821	0,445943	0,976306	0,976306	1,000000	1,000000

➤ *Změna morfologie korytových akumulací v závislosti na poloze:*

Z korelační matice (tab. 59) vyplývá, že se neprokázal statisticky významný vztah mezi délkou a šířkou korytových akumulací a jejich absolutní i relativní vzdáleností. Nepodařilo se prokázat ani vztah šířky a délky korytových akumulací vzhledem k zákrutům. Statisticky významný vztah však existuje mezi polohou korytových akumulací za zákrutem a absolutní vzdáleností. To však neplatí pro polohy korytových akumulací před zákruty, kde nebyl prokázán signifikantní vztah.

Z hlediska existence vazby materiálu korytových akumulací na polohu před/za zákrutem, se ukázalo, že rozdělení korytových akumulací dle typu materiálu bylo pro polohy před zákrutem statisticky odlišné pouze ve vzdálenosti 101-150 metrů v porovnání se vzdáleností 0-50 metrů (tab. 63). Za zákrutem bylo odlišné rozdělení korytových akumulací dle materiálu pouze mezi vzdálenostmi 0-50 metrů a 51-100 metrů (tab. 64). V ostatních případech byla hodnota testového kritéria nižší než kritická. Ukázalo se však, že v téměř všech vzdálenostech od zákrutů převažovaly

šterkovokamenité korytové akumulace, kterých se více než polovina nacházela 0-50 m před i za zákrutem.

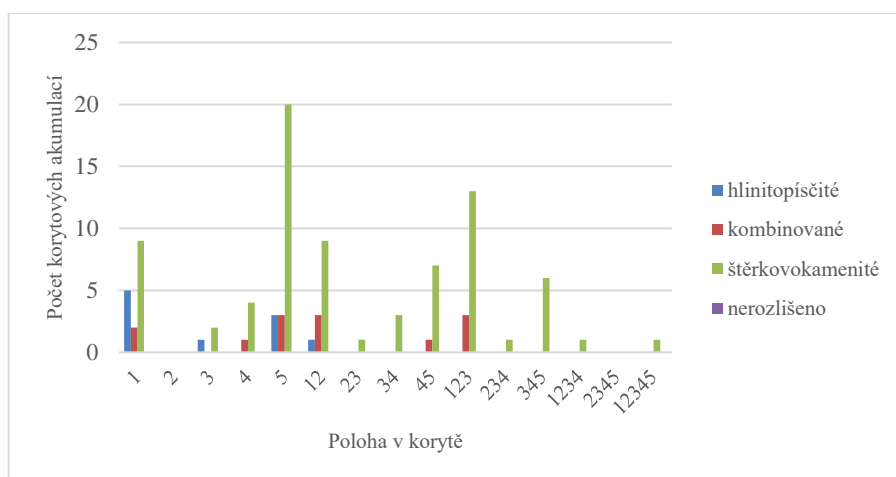
Tab. 63: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem (m)	Hlinitopísčité	Kombinované	Šterkovokamenité	Nerozlišeno	Suma
0 – 50 (pozorované)	7	9	60	0	76
0 – 50 (relativní hodnoty)	9,21 %	11,84 %	78,95 %	0 %	100 %
51 – 100 (pozorované)	0	0	10	0	10
51 – 100 (očekávané)	0,92	1,18	7,90	0	10
chí kvadrát	0,92	1,18	0,56	0	2,66
101 – 150 (pozorované)	0	3	3	0	6
101 – 150 (očekávané)	0,55	0,71	4,74	0	6
chí kvadrát	0,55	7,39	0,64	0	8,58
151 – 500 (pozorované)	3	1	5	0	9
151 – 500 (očekávané)	0,83	1,07	7,11	0	9
chí kvadrát	5,67	0,01	0,63	0	6,31

Tab. 64: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich polohou za zákrutem. Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

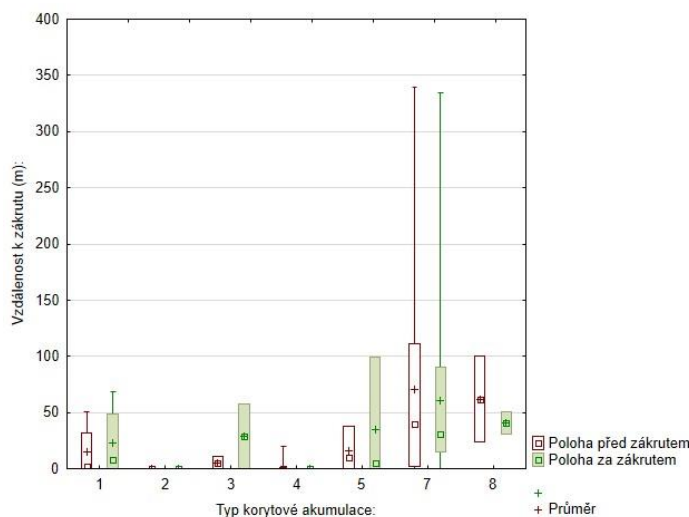
Vzdálenost za zákrutem (m)	Hlinitopísčité	Kombinované	Šterkovokamenité	Nerozlišeno	Suma
0 – 50 (pozorované)	9	7	60	0	76
0 – 50 (relativní hodnoty)	11,84 %	9,21 %	78,95 %	0 %	100 %
51 – 100 (pozorované)	0	5	9	0	14
51 – 100 (očekávané)	1,66	1,29	11,05	0	14
chí kvadrát	1,66	10,67	0,38	0	12,71
101 – 150 (pozorované)	0	0	6	0	6
101 – 150 (očekávané)	0,71	0,55	4,74	0	6
chí kvadrát	0,71	0,55	0,34	0	1,60
151 – 500 (pozorované)	1	1	3	0	5
151 – 500 (očekávané)	0,59	0,46	3,95	0	5
chí kvadrát	0,29	0,63	0,23	0	1,15

Šetření rozložení materiálu korytových akumulací dle polohy uvnitř koryta ukázalo, že u Loděnice převažovaly ve všech částech příčného profilu koryta šterkovokamenité korytové akumulace, kterých bylo nejvíce ve spojení s břehem (obr. 88).



Obr. 88: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Loděnice a jejich polohou v rámci koryta.

Typy korytových akumulací s polohou ve středu koryta se nacházely blíže u zákrutů, zatímco postranní korytové akumulace, které měly spojení s břehem, měly větší rozsah výskytu a nacházely se dál od zákrutů (obr. 89).



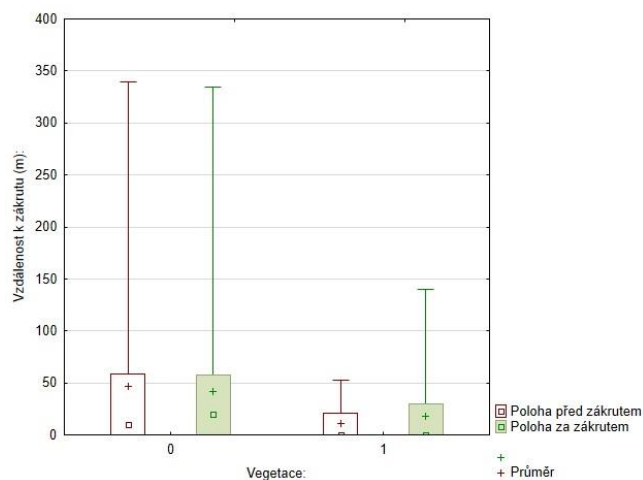
Obr. 89: Typy korytových akumulací ve vztahu k poloze před a za zákrutem u Loděnice. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorky: min. – max.

Z hlediska vazby materiálu korytových akumulací a jejich spojení s břehem se ukázalo, že rozdělení korytových akumulací dle typu materiálu bylo stejné jak u korytových akumulací se spojením s břehem, tak i u těch, které neměly spojení s břehem (tab. 65). Jinak u Loděnice převažovaly korytové akumulace spojené s břehem.

Tab. 65: Chi-kvadrát test dobré shody pro zjištění spojitosti mezi materiálem korytových akumulací a jejich spojením se břehem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

	Hlinitopísčité	Kombinované	Štěrkovokamenité	Nerozlišeno	Suma
Spojení se břehem	9	12	65	0	86
Spojení se břehem (relativní hodnoty)	10,47 %	13,95 %	75,58 %	0 %	100 %
Bez spojení se břehem (pozorované)	1	1	13	0	15
Bez spojení se břehem (očekávané)	1,57	2,09	11,34	0	15
chi kvadrát	0,21	0,57	0,24	0	1,02

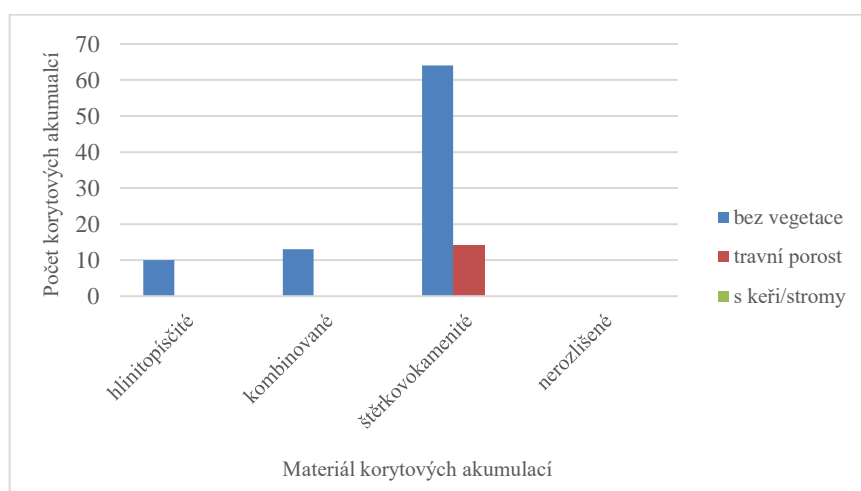
V případě stability korytových akumulací dané jejich vegetačním pokryvem lze říci, že korytové akumulace s travním porostem se nacházely blíže k zákrutům. Oproti tomu korytové akumulace bez vegetačního pokryvu měly větší rozptyl výskytu a nacházely se i ve větších vzdálenostech od zákrutů (obr. 90).



Obr. 90: Souvislost mezi vegetačním pokryvem korytových akumulací Loděnice a jejich polohou vzhledem k zákrutům. Pozn.: + medián, krabice: 25% - 75%, svorka: min. – max..

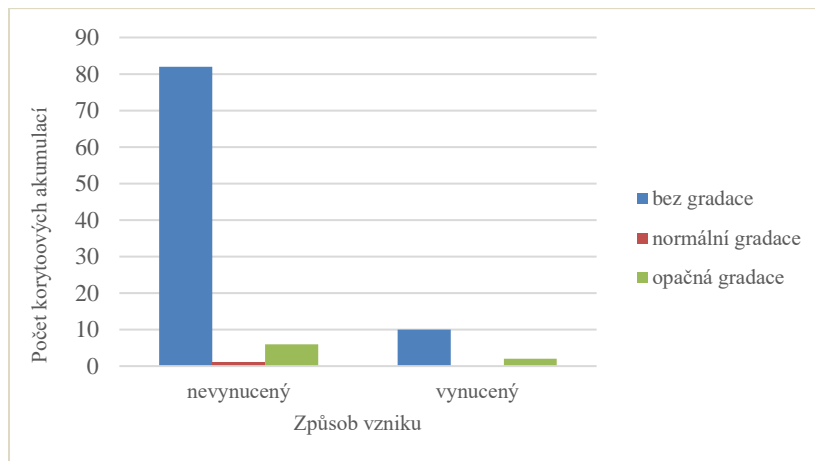
➤ *Kvalitativní charakteristiky akumuláčnických forem:*

Z hlediska vazby vegetačního pokryvu na materiál korytových akumulací lze říci, že štěrkovokamenité korytové akumulace byly většinou vázány na holý povrch bez vegetačního porostu nebo v některých případech na travní porost. U dalších typů materiálů se nevyskytoval žádný vegetační pokryv (obr. 91).



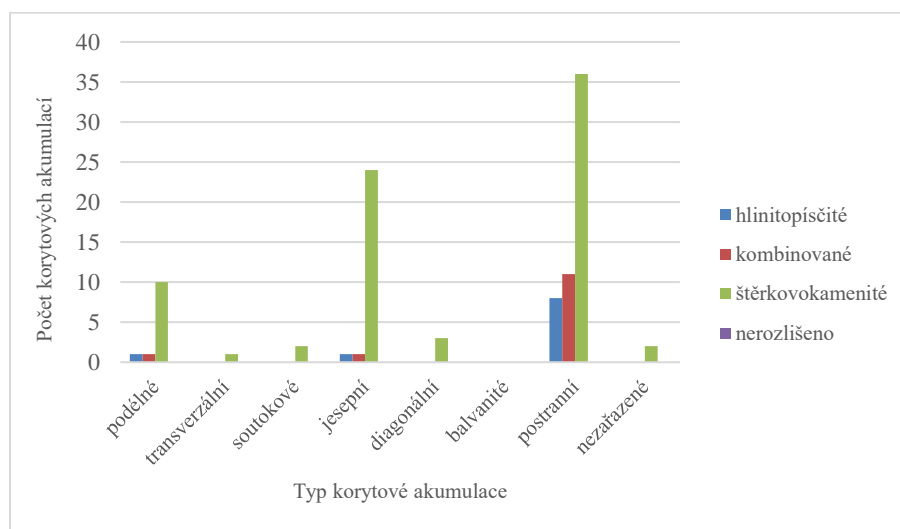
Obr. 91: Souvislost mezi materiálem korytových akumulací Loděnice a jejich vegetačním pokryvem.

U Loděnice převažovaly, obdobně jako u Kocáby, korytové akumulace s nevynuceným způsobem vzniku a bez gradačního zvrstvení materiálu (obr. 92).



Obr. 92: Souvislost mezi způsobem vzniku korytových akumulací na Loděnici a jejich gradačním zvrstvením.

Z dalšího šetření vazby mezi typem korytových akumulací a jejich materiálem vyšlo, že téměř u všech typů korytových akumulací převažovaly šterkovokamenité korytové akumulace. Pouze u podélných, jesepních a postranních, se vyskytovaly i jiné typy materiálu (obr. 93)



Obr. 93: Souvislost mezi typy korytových akumulací Loděnice a jejich materiály.

6.2.4.2. Vazby polohových a morfometrických charakteristik erozních forem

➤ Rozšíření břehových nátrží:

Z hlediska závislosti výskytu břehových nátrží na jejich poloze před/za zákrutem nebyla pomocí korelace zjištěna žádná signifikantní vazba. (tab. 66). Stejně tak nebyla zjištěna statisticky významná vazba ani mezi výškou břehových nátrží a jejich polohou před a za zákrutem. Z korelační matice (tab. 66) rovněž vyplývá, že se neprokázal statisticky významný vztah mezi polohou břehových nátrží vzhledem k zákrutům a jejich absolutní i relativní vzdáleností. Rovněž ani mezi délkou břehových nátrží a jejich absolutní vzdáleností se nezjistila signifikantní vazba, ale mezi výškou břehových nátrží a absolutní vzdáleností se podařilo prokázat statisticky významnou kladnou korelaci.

Tab. 66: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=13 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Šířka toku:	Délka:	Šířka:	Výška:	Poloha před zákrutem:	Poloha za zákrutem:	Absolutní vzdálenost:	Relativní vzdálenost:
Šířka toku:	1,000000	-0,140390	0,117280	-0,141287	0,378522	0,449653	-0,032496	-0,032496
Délka:	-0,140390	1,000000	0,022515	0,249916	-0,119279	-0,165235	0,390115	0,390115
Šířka:	0,117280	0,022515	1,000000	0,255491	0,173007	0,181754	-0,375132	-0,375132
Výška:	-0,141287	0,249916	0,255491	1,000000	-0,126026	-0,141238	0,619929	0,619929
Poloha před zákrutem:	0,378522	-0,119279	0,173007	-0,126026	1,000000	0,959354	0,025899	0,025899
Poloha za zákrutem:	0,449653	-0,165235	0,181754	-0,141238	0,959354	1,000000	-0,076568	-0,076568
Absolutní vzdálenost:	-0,032496	0,390115	-0,375132	0,619929	0,025899	-0,076568	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost:	-0,032496	0,390115	-0,375132	0,619929	0,025899	-0,076568	1,000000	1,000000

➤ *Vazba břehových nátrží na překážky v korytě:*

Z šetření vazby břehových nátrží na přítomnost stupňů pomocí chí kvadrát testu dobré shody se ukázalo, že výskyt břehových nátrží a stupňů byl v jednotlivých kategoriích vzdáleností od zákrutů obdobný (tab. 67 a 68). V obou případech převažoval výskyt stupňů i břehových nátrží ve vzdálenosti do 50 metrů od zákrutu s tím, že břehové nátrže se vyskytovaly pouze v této vzdálenosti.

Tab. 67: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů před zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost před zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	13	2	3	1	19
Stupně (relativní hodnoty)	68,42 %	10,53 %	15,79 %	5,26 %	100 %
Břehové nátrže (pozorované)	13	0	0	0	13
Břehové nátrže (očekávané)	8,89	1,37	2,05	0,68	13
chí kvadrát	1,90	1,37	2,05	0,68	6

Tab. 68: Chí-kvadrát test dobré shody pro zjištění vazby mezi výskytem břehových nátrží a stupňů za zákrutem. Pozn.: Stupeň volnosti 3, pro 5% hladinu významnosti je kritická hodnota 7,82.

Vzdálenost za zákrutem	0 – 50 m	51 – 100 m	101 – 150 m	151 – 500 m	Suma
Stupně (pozorované)	13	5	1	0	19
Stupně (relativní hodnoty)	68,42 %	26,32 %	5,26 %	0 %	100 %
Břehové nátrže (pozorované)	13	0	0	0	13
Břehové nátrže (očekávané)	8,89	3,42	0,68	0	13
chí kvadrát	1,90	3,42	0,68	0	6

Další šetření vlivu výšky stupňů na výskyt břehových nátrží ukázalo, že v případě Loděnice zde nebyl statisticky významný vztah ($r = -0,165003$). Stejně tak se nepodařilo prokázat signifikantní vztah mezi polohou překážek a břehových nátrží vzhledem k zákrutu (tab. 69), ale mezi jejich vzdálenostmi od pramene/začátku mapovaného úseku existuje statisticky významná korelace ($r = 0,946696$).

Tab. 69: Korelace mezi vybranými charakteristikami břehových nátrží a překážek na Loděnici. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=13 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha BN před zákrutem:	Poloha BN za zákrutem:	Poloha překážky před zákrutem:	Poloha překážky za zákrutem:	Absolutní vzdálenost BN:	Relativní vzdálenost BN:	Absolutní vzdálenost překážky:	Relativní vzdálenost překážky:
Poloha BN před zákrutem:	1,000000	0,959354	-0,141874	0,286365	0,025899	0,025899	-0,083582	-0,083582
Poloha BN za zákrutem:	0,959354	1,000000	-0,027384	0,231204	-0,076568	-0,076568	-0,193943	-0,193943
Poloha překážky před zákrutem:	-0,141874	-0,027384	1,000000	-0,406158	-0,521813	-0,521813	-0,555507	-0,555507
Poloha překážky za zákrutem:	0,286365	0,231204	-0,406158	1,000000	-0,417503	-0,417503	-0,351238	-0,351238
Absolutní vzdálenost BN:	0,025899	-0,076568	-0,521813	-0,417503	1,000000	1,000000	0,946696	0,946696
Relativní vzdálenost BN:	0,025899	-0,076568	-0,521813	-0,417503	1,000000	1,000000	0,946696	0,946696
Absolutní vzdálenost překážky:	-0,083582	-0,193943	-0,555507	-0,351238	0,946696	0,946696	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost překážky:	-0,083582	-0,193943	-0,555507	-0,351238	0,946696	0,946696	1,000000	1,000000

➤ *Změna morfologie břehových nátrží v závislosti na poloze:*

Délka břehových nátrží se se vzdáleností od pramene/začátku měřeného úseku neměnila, vztah měřený korelací nebyl signifikantní ($r = 0,390115$). Stejně tak se neměnila délka břehových nátrží se vzdáleností od zákrutů (tab. 66). Naopak byl zjištěn statisticky významný vztah mezi výškou břehových nátrží a jejich absolutní i relativní vzdáleností ($r = 0,619929$).

➤ *Kvalitativní charakteristiky břehových nátrží:*

Mezi délkou a výškou břehových nátrží nebyla zjištěna statisticky významná vazba. Ani délka břehové nátrže neměla statisticky významnou korelaci s její šířkou nebo šířkou koryta (tab. 66).

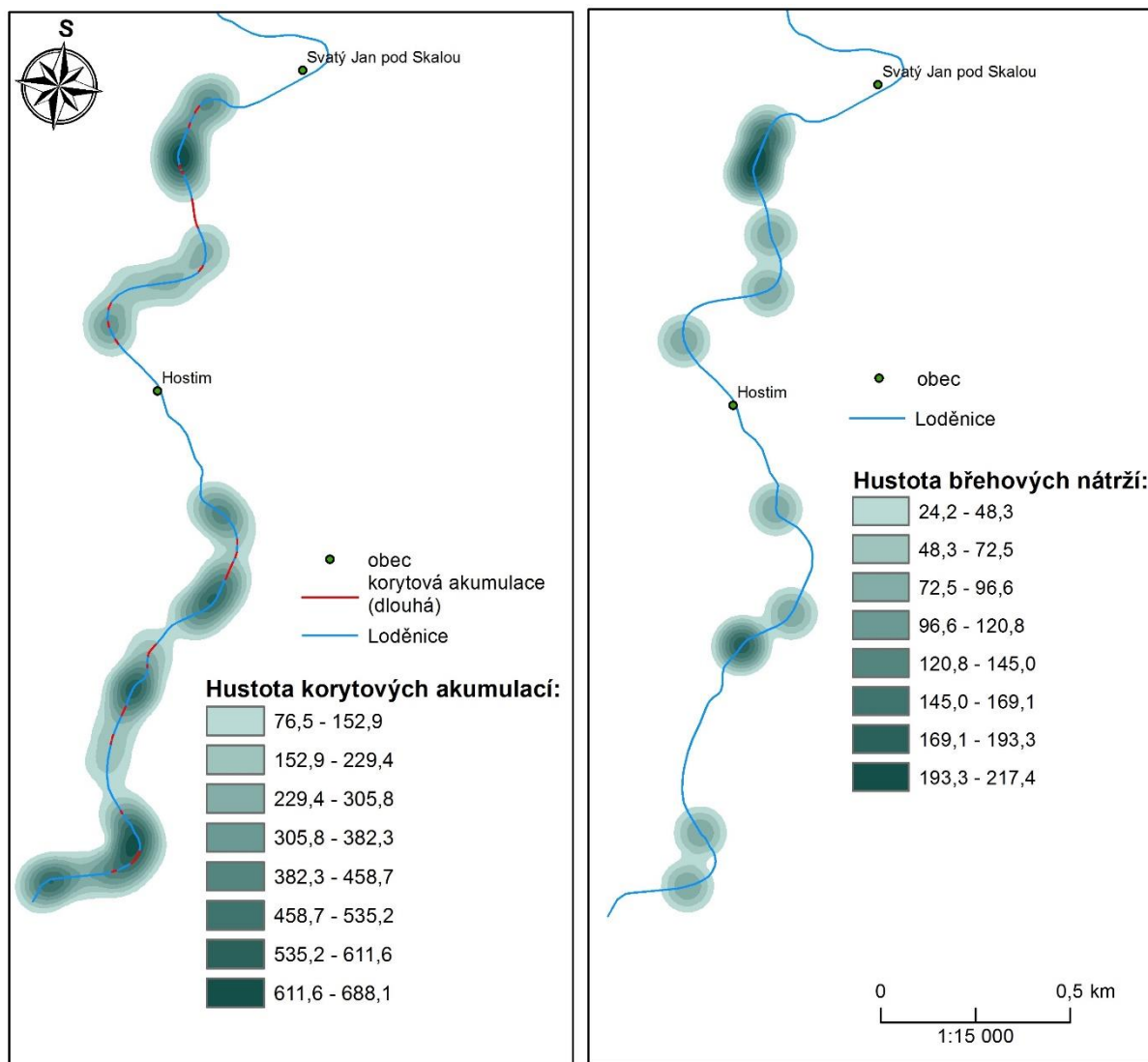
➤ *Vzájemné ovlivnění korytových akumulací a břehových nátrží:*

Mezi výskytem korytových akumulací a břehových nátrží vzhledem k zákrutu nebyla zjištěna statisticky významná vazba (tab. 70). Oproti tomu mezi vzdálenostmi korytových akumulací a břehových nátrží od pramene/začátku měřeného úseku se zjistil statisticky významný vztah ($r = 0,96852$).

Tab. 70: Korelace mezi vybranými charakteristikami korytových akumulací a břehových nátrží Loděnice. Pozn.: Červeně jsou zvýrazněny signifikantní korelace.

Proměnná	Korelace Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=13 (Celé případy vynechány u ChD)							
	Poloha KA před zákrutem:	Poloha KA za zákrutem:	Poloha BN před zákrutem:	Poloha BN za zákrutem:	Absolutní vzdálenost KA:	Relativní vzdálenost KA:	Absolutní vzdálenost BN:	Relativní vzdálenost BN:
Poloha KA před zákrutem:	1,000000	0,421107	-0,223848	-0,247484	-0,117681	-0,117681	-0,242988	-0,242988
Poloha KA za zákrutem:	0,421107	1,000000	0,090411	-0,014966	0,200447	0,200447	0,066300	0,066300
Poloha BN před zákrutem:	-0,223848	0,090411	1,000000	0,959354	0,043135	0,043135	0,025899	0,025899
Poloha BN za zákrutem:	-0,247484	-0,014966	0,959354	1,000000	-0,076905	-0,076905	-0,076568	-0,076568
Absolutní vzdálenost KA:	-0,117681	0,200447	0,043135	-0,076905	1,000000	1,000000	0,968502	0,968502
Relativní vzdálenost KA:	-0,117681	0,200447	0,043135	-0,076905	1,000000	1,000000	0,968502	0,968502
Absolutní vzdálenost BN:	-0,242988	0,066300	0,025899	-0,076568	0,968502	0,968502	1,000000	1,000000
Relativní vzdálenost BN:	-0,242988	0,066300	0,025899	-0,076568	0,968502	0,968502	1,000000	1,000000

Z šetření hustoty korytových akumulací a břehových nátrží vyplynulo, že v případě vybraných úseků Loděnice, bylo jejich rozmístění s výjimkou zákrutu před Svatým Janem pod Skalou, odlišné (obr. 93). U korytových akumulací byl jejich výskyt rovnoměrnější, zatímco u břehových nátrží byl vázaný lokálně na určitá místa v toku.



Obr. 94: Hustota břehových nátrží a korytových akumulací v úseku mezi Svatým Janem pod Skalou a ústím Loděnice do Berounky. Pozn.: Hustota je vyjádřena jako počet břehových nátrží/korytových akumulací na 1 km^2 , rádius je 100 m.

6.3. Rozdíly v rozmístění studovaných forem a jejich morfometrických znaků mezi vodními toky

6.3.1. Akumulační fluvialní formy

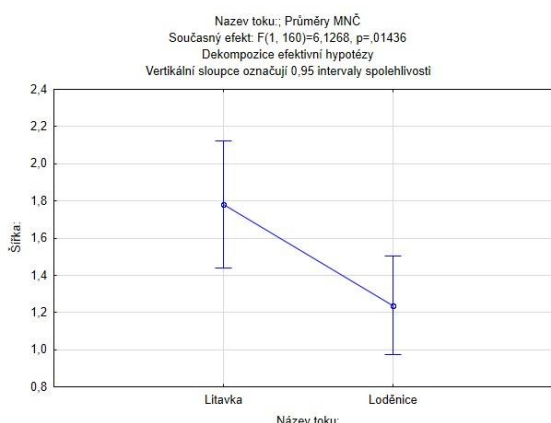
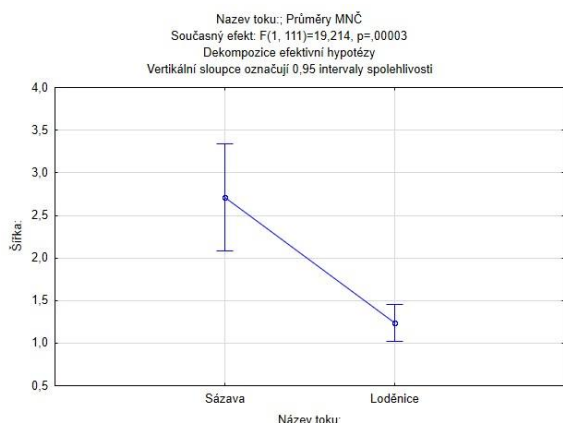
Délky korytových akumulací byly u zkoumaných vodních toků obdobné (tab. 71). V případě šířek korytových akumulací se ukázalo, že signifikantní rozdíly existovaly pouze mezi Loděnicí a ostatními toky (tab. 72), přičemž korytové akumulace měly na Loděnici menší šířku než na ostatních studovaných tocích (obr. 95).

Tab. 71: Rozdíly délek korytových akumulací u zkoumaných toků. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, F = síla testu a p = hladina významnosti.

DÉLKA KA	Sázava	Litavka	Kocába	Loděnice
Sázava		$F = 3,2302$ $p = 0,07654$	$F = 1,7705$ $p = 0,18537$	$F = 2,9536$ $p = 0,08847$
Litavka	$F = 3,2302$ $p = 0,07654$		$F = 1,1292$ $p = 0,28925$	$F = 0,34815$ $p = 0,55599$
Kocába	$F = 1,7705$ $p = 0,18537$	$F = 1,1292$ $p = 0,28925$		$F = 0,36253$ $p = 0,54768$
Loděnice	$F = 2,9536$ $p = 0,08847$	$F = 0,34815$ $p = 0,55599$	$F = 0,36253$ $p = 0,54768$	

Tab. 72: Rozdíly šířek korytových akumulací u zkoumaných toků. Pozn.: řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.

ŠÍŘKA KA	Sázava	Litavka	Kocába	Loděnice
Sázava		$F = 2,3496$ $p = 0,12976$	$F = 3,4152$ $p = 0,06661$	$F = 19,214$ $p = 0,00003$
Litavka	$F = 2,3496$ $p = 0,12976$		$F = 0,07625$ $p = 0,78273$	$F = 6,1268$ $p = 0,01436$
Kocába	$F = 3,4152$ $p = 0,06661$	$F = 0,07625$ $p = 0,78273$		$F = 5,8321$ $p = 0,0165$
Loděnice	$F = 19,214$ $p = 0,00003$	$F = 6,1268$ $p = 0,01436$	$F = 5,8321$ $p = 0,0165$	

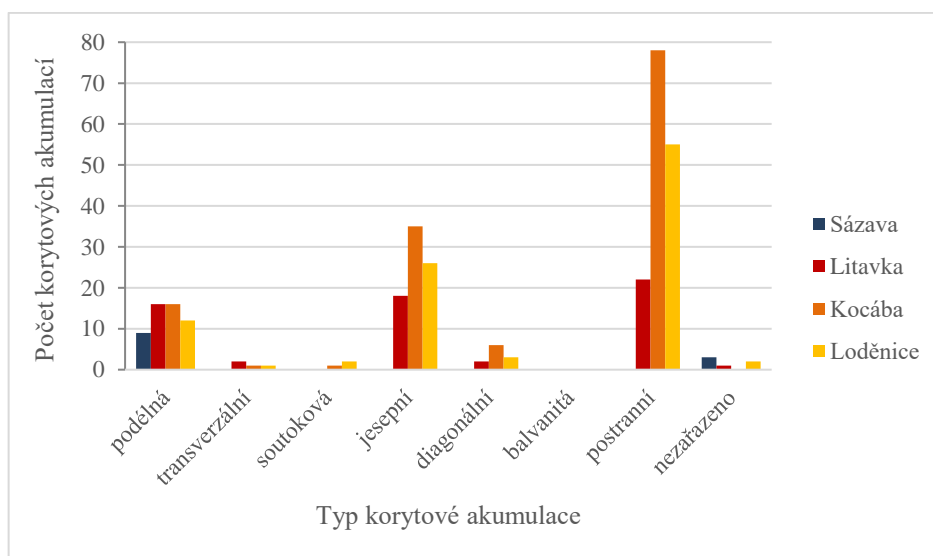


Obr. 95: Porovnání šířek korytových akumulací mezi Sázavou a Loděnicí (vlevo) a Litavkou a Loděnicí (vpravo) pomocí analýzy rozptylu (zobrazeny případy, u nichž se prokázal signifikantní rozdíl).

V případě srovnání výskytu různých typů korytových akumulací mezi jednotlivými toky se ukázalo, že obecně převažoval výskyt tří typů, a to podélných, jesepních a postranních (tab. 73, obr. 96). Jedná se o nejběžnější typy korytových akumulací, které jsou tvarově poměrně jednoduché. Kocába a Loděnice měly hodně postranních korytových akumulací, které byly připojeny ke břehu.

Tab. 73: Typy korytových akumulací a jejich zastoupení mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 10 %.

TYP KA		podélné	transverzální	soutokové	jesepní	diagonální	balvanité	postranní	nezařazené
Sázava	absolutní	9	0	0	0	0	0	0	3
	relativní	75	0	0	0	0	0	0	25
Litavka	absolutní	16	2	0	18	2	0	22	1
	relativní	26,2	3,3	0	29,5	3,3	0	36,1	1,6
Kocába	absolutní	16	1	1	35	6	0	78	0
	relativní	11,7	0,7	0,7	25,5	4,4	0	56,9	0
Loděnice	absolutní	12	1	2	26	3	0	55	2
	relativní	11,9	1	2	25,7	3	0	54,5	2

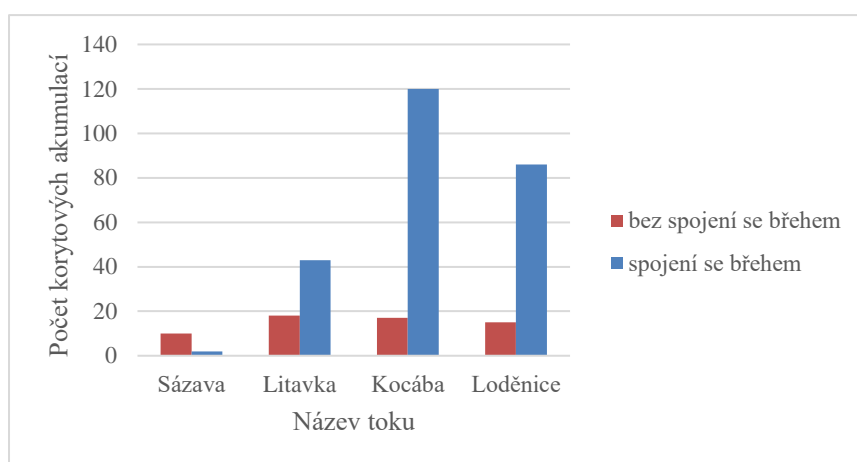


Obr. 96: Četnost jednotlivých typů korytových akumulací - srovnání mezi toky.

U všech toků s výjimkou Sázavy převažoval výskyt korytových akumulací, které měly spojení se břehem. Pouze na Sázavě převažoval výskyt korytových akumulací bez spojení se břehem (tab. 74, obr. 97).

Tab. 74: Korytové akumulace a jejich spojení s břehem mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 50 %.

SPOJENÍ		bez spojení se břehem	spojení s břehem
Sázava	absolutní	10	2
	relativní	83,3	16,7
Litavka	absolutní	18	43
	relativní	29,5	70,5
Kocába	absolutní	17	120
	relativní	12,4	87,6
Loděnice	absolutní	15	86
	relativní	14,9	85,1



Obr. 97: Četnost korytových akumulací z hlediska spojení se břehem mezi studovanými toky.

Z hlediska rozdílů polohy korytových akumulací před/za zákrutem mezi jednotlivými toky lze říci, že signifikantní rozdíly se vyskytovaly mezi téměř všemi toky s jedinou výjimkou, a tou byl rozdíl mezi Litavkou a Loděnicí (tab. 75). Největších vzdáleností u korytových akumulací před i za zákrutem dosahovala Sázava, která se těmito velkými vzdálenostmi (řádově 100 – 450 metrů) odlišovala od všech ostatních toků. Velká podobnost těchto vzdáleností byla zaznamenána mezi Litavkou a Loděnicí (řádově 50 - 100 metrů), jejichž vzdálenosti od zákrutů byly ze studovaných toků nejmenší.

Tab. 75: Rozdíly v poloze korytových akumulací před a za zákrutem mezi toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.

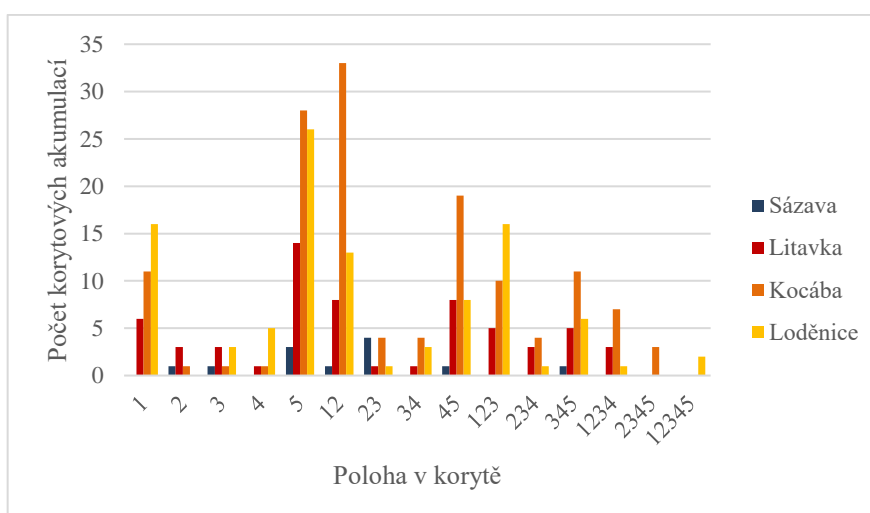
KA a poloha	Sázava		Litavka		Kocába		Loděnice	
Sázava			F=8,479 p=0,0048	F=8,8267 p=0,00405	F=5,4668 p=0,02073	F=11,387 p=0,00095	F = 10,272 p=0,00176	F=12,305 p=0,00065
Litavka	F=8,479 p=0,0048	F=8,8267 p=0,00405			F=9,1481 p=0,00282	F=8,7107 p=0,00355	F=1,7123 p=0,19256	F=3,2213 p=0,07457
Kocába	F=5,4668 p=0,02073	F=11,387 p=0,00095	F=9,1481 p=0,00282	F=8,7107 p=0,00355			F=6,660 p=0,01047	F=4,4214 p=0,03655
Loděnice	F = 10,272 p=0,00176	F=12,305 p=0,00065	F=1,7123 p=0,19256	F=3,2213 p=0,07457	F=6,660 p=0,01047	F=4,4214 p=0,03655		

POZN. Bílé sloupčky uvádějí hodnoty pro proměnnou před zákrutem a šedé sloupčky pro proměnnou za zákrutem.

Z šetření rozdílů pozice korytových akumulací uvnitř koryta mezi jednotlivými toky vyplynulo, že u Sázavy převažovaly polohy ve středu koryta s výjimkou krajních poloh, zatímco u ostatních toků naopak převažovaly krajní polohy v korytě na úkor těch uprostřed (tab. 76, obr. 98).

Tab. 76: Polohy korytových akumulací uvnitř koryta mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 10 %.

POLOHA		1	2	3	4	5	12	23	34	45	123	234	345	1234	2345	12345
Sázava	absolutní	0	1	1	0	3	1	4	0	1	0	0	1	0	0	0
	relativní	0	8,3	8,3	0	25	8,3	33,3	0	8,3	0	0	8,3	0	0	0
Litavka	absolutní	6	3	3	1	14	8	1	1	8	5	3	5	3	0	0
	relativní	9,8	4,9	4,9	1,6	23	13,1	1,6	1,6	13,1	8,2	4,9	8,2	4,9	0	0
Kocába	absolutní	11	1	1	1	28	33	4	4	19	10	4	11	7	3	0
	relativní	8	0,7	0,7	0,7	20,4	24,1	2,9	2,9	13,9	7,3	2,9	8	5,1	2,2	0
Loděnice	absolutní	16	0	3	5	26	13	1	3	8	16	1	6	1	0	2
	relativní	15,8	0	3	5	25,7	12,9	1	3	7,9	15,8	1	5,9	1	0	2



Obr. 98: Srovnání četností poloh korytových akumulací uvnitř koryta mezi studovanými toky.

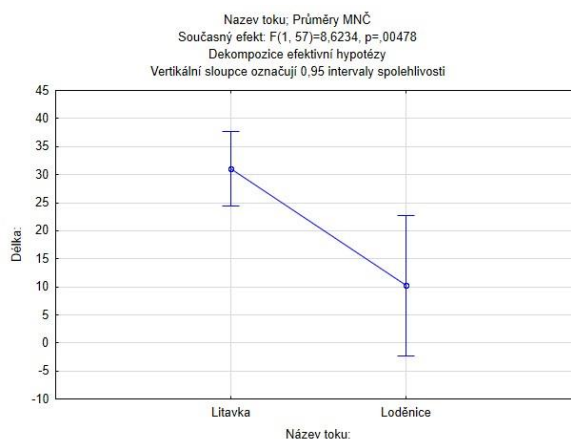
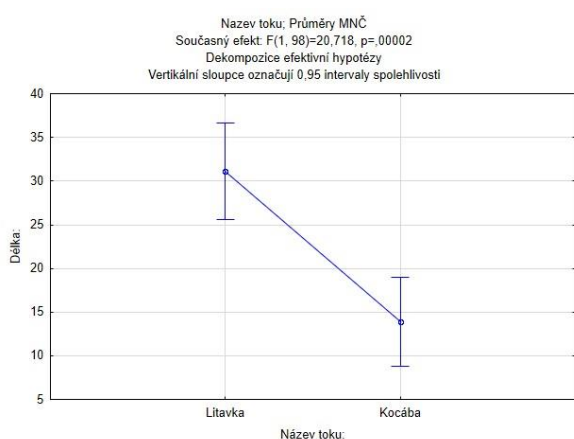
6.3.2. Erozní fluvialní formy

Na základě výsledků analýzy rozptylu délek břehových nátrží mezi jednotlivými toky lze konstatovat, že existují signifikantní rozdíly mezi Litavkou a dalšími dvěma toky, Kocábou a Loděnicí (tab. 77, obr. 99). Naopak mezi Kocábou a Loděnicí se nepodařilo prokázat statisticky významný rozdíl.

Tab. 77: Rozdíly délek břehových nátrží mezi studovanými toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.

DĚLKA BN	Sázava	Litavka	Kocába	Loděnice
Sázava		-	-	-
Litavka	-		$F = 20,718$ $p = 0,00002$	$F = 8,6234$ $p = 0,00478$
Kocába	-	$F = 20,718$ $p = 0,00002$		$F = 1,5571$ $p = 0,21656$
Loděnice	-	$F = 8,6234$ $p = 0,00478$	$F = 1,5571$ $p = 0,21656$	

POZN. Na Sázavě nebyly v mapovaném úseku Ledeč nad Sázavou – Světlá nad Sázavou zmapovány žádné břehové nátrže.



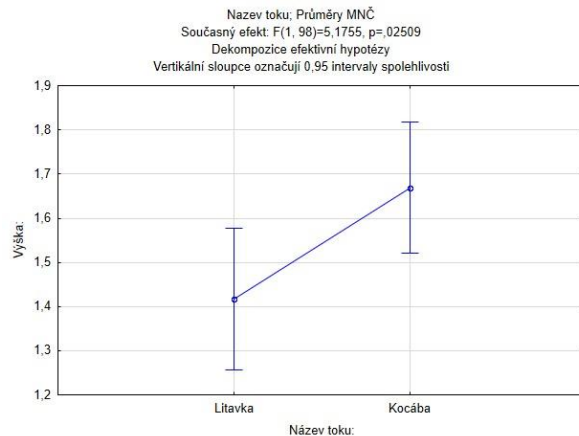
Obr. 99: Porovnání rozptylu délek mezi Litavkou a Kocábou (vlevo) a Litavkou a Loděnicí (vpravo) pomocí analýzy rozptylu (zobrazeny případy, u nichž se prokázal signifikantní vztah).

Z hlediska výšky břehových nátrží byl zjištěn signifikantní rozdíl jen mezi Litavkou a Kocábou (tab. 78). U Litavky dosahovaly břehové nátrže nižších výšek než u Kocáby (obr. 100). Mezi ostatními toky nebyly vztahy statisticky významné.

Tab. 78: Rozdíly výšek břehových nátrží mezi studovanými toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.

VÝŠKA BN	Sázava	Litavka	Kocába	Loděnice
Sázava		-	-	-
Litavka	-		$F = 5,1755$ $p = 0,02509$	$F = 0,19389$ $p = 0,66137$
Kocába	-	$F = 5,1755$ $p = 0,02509$		$F = 0,37152$ $p = 0,54430$
Loděnice	-	$F = 0,19389$ $p = 0,66137$	$F = 0,37152$ $p = 0,54430$	

POZN. Na Sázavě nebyly v mapovaném úseku Ledeč nad Sázavou – Světlá nad Sázavou zmapovány žádné břehové nátrže.



Obr. 100: Porovnání rozptylu výšek mezi Litavkou a Kocábou (zobrazen případ, u něhož se prokázal signifikantní rozdíl).

Z hlediska polohy břehových nátrží vzhledem k zákrutům existuje významný rozdíl jen mezi Kocábou a dalšími dvěma toky - Litavkou a Loděnicí (tab. 79).

Tab. 79: Rozdíly výšek břehových nátrží mezi studovanými toky. Pozn.: Řešeno jednocestnou analýzou rozptylu, testováno F testem, signifikantní rozdíly jsou označeny červeně. F = síla testu a p = hladina významnosti.

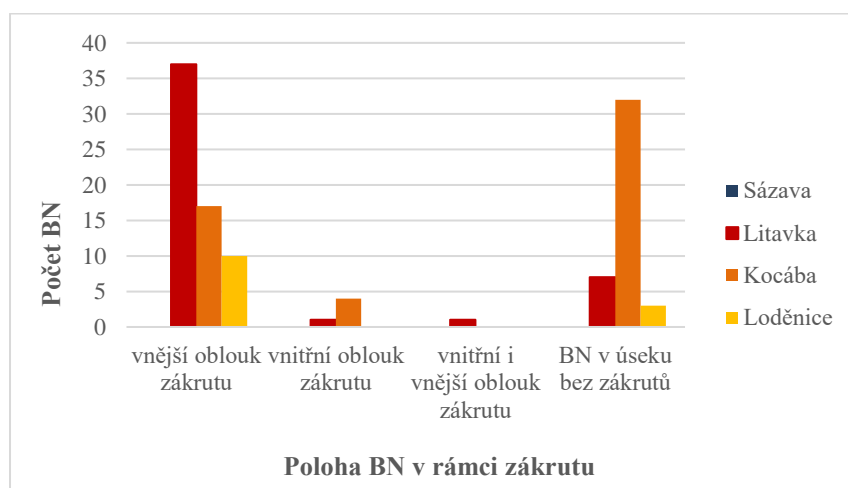
BN a zákruty	Litavka		Kocába		Loděnice	
Litavka			$F=17,060$ $p=0,00008$	$F=6,682$ $p=0,01121$	$F=0,61926$ $p=0,43458$	$F=0,62531$ $p=0,43236$
Kocába	$F=17,060$ $p=0,00008$	$F=6,682$ $p=0,01121$			$F = 6,186$ $p = 0,01545$	$F = 4,9954$ $p = 0,02886$
Loděnice	$F=0,61926$ $p=0,43458$	$F=0,62531$ $p=0,43236$	$F = 6,186$ $p = 0,01545$	$F = 4,9954$ $p = 0,02886$		

POZN. Bílé sloupčky uvádějí hodnoty pro proměnnou před zákrutem a šedé sloupčky pro proměnnou za zákrutem. Na Sázavě nebyly v mapovaném úseku Ledeč nad Sázavou – Světlá nad Sázavou zmapovány žádné břehové nátrže.

U Kocáby se břehové nátrže nacházely ve větších vzdálenostech před a za zákrutem, zatímco u Litavky a Loděnice se nacházely buď v zákrutu, nebo blíže před a za zákrutem. Z hlediska polohy břehové nátrže uvnitř zákrutu se ukázalo, že u Litavky a Loděnice převažoval výskyt břehových nátrží u vnějšího oblouku zákrutu, zatímco u Kocáby se břehové nátrže vyskytovaly především v rovnějších úsecích bez zákrutů (tab. 80, obr. 101). U Sázavy nebylo možné šetření provést, protože zde nebyly zaznamenány žádné břehové nátrže.

Tab. 80: Polohy břehových nátrží uvnitř zákrutů mezi studovanými toky. Pozn.: Šedě zbarvená políčka reprezentují relativní hodnoty a červená čísla představují relativní hodnoty, které přesáhly hranici 10 %.

POLOHA BN UVNITŘ ZÁKRUTU		vnější oblouk zákrutu	vnitřní oblouk zákrutu	vnitřní i vnější oblouk zákrutu	BN v úseku bez zákrutů
Sázava	absolutní	0	0	0	0
	relativní	0	0	0	0
Litavka	absolutní	37	1	1	7
	relativní	80,4	2,2	2,2	15,2
Kocába	absolutní	17	4	0	32
	relativní	32,1	7,5	0	60,4
Loděnice	absolutní	10	0	0	3
	relativní	76,9	0	0	23,1



Obr. 101: Rozdíly v poloze břehové nátrže uvnitř zákrutu mezi studovanými toky.

7. DISKUZE

7.1. Rozdíly ve velikostech toků, akumulčních a erozních forem

Samotnému výzkumu předcházela pečlivý výběr vodních toků na základě vybraných parametrů (celková rozloha povodí, celková délka toku, průtok apod.), kdy základním požadavkem bylo, aby jednotlivé toky byly od sebe velikostně odlišné. Signifikantní rozdíl v šířce toku mezi všemi toky, vyjma vztahu Kocáby a Loděnice, se dal očekávat. Nevýrazný rozdíl mezi Kocábou a Loděnicí je dán tím, že z hlediska výše uvedených parametrů byly Kocába s Loděnicí od sebe velikostně odlišné, ale v šířce toku mezi nimi nemusel být rozdíl. Výsledek může být ovlivněn i polohou obou úseků mapování, kdy se oba úseky nacházely v dolních částech toků.

Statisticky nevýznamný nárůst šířky toku s rostoucí vzdáleností od pramene toku, který vyšel u všech mapovaných toků, je překvapivým zjištěním, ale je nutné si uvědomit, že v tomto případě se korelovaly pouze šířky objektů zaznamenaných v rámci mapovaných úseků s celkovými délkami toků. V této práci se jedná o poměrně krátké úseky terénního mapování v porovnání s celkovými délkami toků.

Snížení počtu akumulčních a erozních fluviálních forem s rostoucí velikostí toku je dáno jednak větším průtočným profilem a jednak menším poměrovým vlivem průběhu a drsnosti koryta na procesy v toku. Dalším důvodem je častější a pravidelnější údržba větších toků (např. Sázavy), které mnohdy slouží i jako dopravní nebo vodácká trasa, apod.

Velikost korytových akumulací a břehových nátrží se nemění s velikostí toku, což je vcelku očekávaná vlastnost vzhledem k délkám úseků a jejich poloze od pramene. Z tohoto důvodu lze považovat ony úseky až na pár výjimek za homogenní. Statisticky významný rozdíl v délce břehových nátrží mezi Litavkou a ostatními toky lze odůvodnit specifícností geologicko-pedologických poměrů říční nivy Litavky, která je tvořena nivními sedimenty, sprašemi a sprašovými hlínami. Sprašové půdy jsou dle Smolíkové (1988) specifické svými vlastnostmi, zejména tím, že vytváří nevrstevnaté vertikální struktury se svislou odlučností, které jsou velmi málo odolné vůči eroznímu působení tekoucí vody. Navíc spolupůsobením gravitační a hydraulické eroze dochází k výraznějšímu odnosu půdy (sensu Xu et al. 2015).

7.2. Závislost rozšíření studovaných tvarů vzhledem k poloze a průběhu zákrutů a překážek v korytě

7.2.1. Akumulační fluviální formy

Z hlediska rozšíření korytových akumulací se ze statistických šetření ukázalo, že korytové akumulace všech čtyř toků nejsou vázány k zákrutům, což je překvapivé zjištění. Pravděpodobně mají u všech čtyř toků větší vliv na vznik a přítomnost korytových akumulací jiné faktory, např. překážky u Sázavy nebo geologicko-pedologické podmínky sprašových půd u Litavky. Rovněž je důležité

si uvědomit, že vliv zákrutů na vznik a utváření fluviálních forem je podle Robert (2003) nejméně výraznější u toků se slabě se vlnícími až meandrujícími úseky, u kterých zákruty vytvářejí odpor proudění. Zde dochází dle Leopold et al. (1992) k poklesu rychlosti proudění a tím i velikosti unášených částic. Při srovnání křivolakosti úseků terénního mapování (tab. 81) se ukázalo, že se u všech toků jedná o středně až mírně vlnité toky a v případě Sázavy v okolí Světlé až o slabě se vlnící tok, což by vysvětlovalo statisticky nevýznamný vliv zákrutů na vznik fluviálních forem.

Tab. 81: Hodnoty křivolakosti vodních toků v úsecích terénního mapování.

Tok	Křivolakost v úseku terénního mapování
Sázava	0,66 (Ledeč nad Sázavou - Stvořidla) – 0,89 (Světlá nad Sázavou až začátek Stvořidel ve směru toku)
Litavka	0,67 (1/2 toku od Trhových Dušníků ve směru toku) – 0,77 (2/2 toku směrem k Čeňkovu)
Kocába	0,55
Loděnice	0,68
POZN.: Vypočteno pomocí nástroje <i>Calculate Sinuosity</i> v ArcMap 10.3, kde se jedná o poměr celkové délky vodního toku k nejkratší spojnici mezi pramenem a ústím vodního toku (zde měřeno v rámci úseků terénního mapování). Čím je hodnota blíže 1, tím se jedná o rovnější tok. Čím je hodnota blíže 0, tím větší křivolakost má daný tok.	

Pokud by se braly v úvahu mapy hustoty korytových akumulací u jednotlivých toků (obr. 52, 66, 80 a 94.), tak je u Sázavy, částečně u Litavky (úsek v okolí Valchy), Kocáby (1/2 úseku u Malé Lečice) a Loděnice patrná největší koncentrace korytových akumulací v úsecích se zvýšenou křivolakostí toku, která je patrná od pohledu z liniových vrstev vodních toků z DIBAVODU. I z výzkumu Křížka (2008b) vyplývá, že z hlediska korytových akumulací jsou zákruty nejdynamičtějším částmi koryta.

Pokud bychom brali v potaz rozdíly mezi toky navzájem, tak v případě výše diskutované polohy korytových akumulací vzhledem k zákrutům byly významné rozdíly mezi všemi toky, s jedinou výjimkou, kterou byl statisticky nevýznamný vztah mezi Litavkou a Loděnicí. Není zcela jasné, proč výsledky vyšly takto. Nicméně největších vzdáleností dosahovala Sázava, následovaná Kocábou a nejmenší vzdálenosti od zákrutů byly zaznamenány u Litavky a Loděnice, což by odpovídalo velikostem toků. Jediná Litavka se vymyká a pro vysvětlení podobnosti mezi Litavkou a Loděnicí, je nutno vzít v úvahu také to, kde se mapovaný úsek nachází. Zda se nachází na horním, středním nebo dolním úseku toku. Tím, že se jedná o střední úsek Litavky a dolní úsek Loděnice, tak může být podobnost mezi toky větší, než kdyby se jednalo o stejné úseky.

Co se týká souvislosti mezi polohou korytových akumulací v rámci koryta s jejich polohou vzhledem k zákrutům, tak převažující výskyt postranních korytových akumulací v zákrutech a korytových akumulací ve středu koryta dále od zákrutů u Litavky, lze vysvětlit tím, že v zákrutech se jednalo o typické jesepní korytové akumulace vázané na zákruty (sensu Charlton, 2007; Brierley a Fryirs, 2005). V případě Sázavy je výskyt korytových akumulací ve středu koryta v zákrutech podmíněn jednak jejich vazbou na polohu překážek v korytě (balvany v úseku Stvořidel),

ale také vlastní šířkou toku, která na Sázavě dosahuje 20-50 m a je diametrálně odlišná od ostatních toků. V prvním případě vysvětlují obdobně vznik korytových akumulací v okolí překážek např. Buffington et al. (2002), Charlton (2007) nebo Montgomery et al. (2003), kdy dochází v určité vzdálenosti před překážkou k rozdělení proudu, který obtéká danou překážku. Proud se před i za překážkou mění na vertikální proudění a turbulentní víry, které jsou spojené se sedimentací. U Kocáby a Loděnice jsou důvody převažujícího výskytu korytových akumulací ve středu koryta v zákrutech a postranních korytových akumulací mimo zákruty odlišné od Sázavy. Ve většině případů se jedná o erozní rozšíření toku (v místech vrcholů zákrutů nebo rovnějších úseků) spojeným se vznikem středokorytových akumulací (sensu Luchi et al., 2010; Robert, 2003).

Z šetření vazby korytových akumulací na přítomnost jezů, které proběhlo pouze u Sázavy a Litavky se zjistilo, že téměř pod všemi jezy se nacházely jedna nebo více korytových akumulací, které se v případě Sázavy podle analýzy leteckých měřičských snímků (ČÚZK, snímkování dne 11. 5. 2015, VS 78 cm v roce 2014 a 68 cm v roce 2015 (Suché jezy, 2014) ve Zruči nad Sázavou v období červenec/srpen) vyskytovaly ve vzdálenosti do 22 metrů od jezu a u Litavky podle dat z terénního měření do 100 m od jezu. Obdobné výsledky vyšly i z šetření Pearson a Pizzuto (2015) na dvou řekách White Clay Creek a Red Clay Creek v Delaware, které jsou velikostně srovnatelné s Litavkou.

Na těchto dvou řekách se korytové akumulace nacházely ve vzdálenosti 16-64 metrů od jezů. Jiný výzkum Csiki a Rhoads (2014) na řekách Vermillion River, Little Wabash River a Yellow Creek, z nichž první jmenovaná je velikostně podobná Sázavě a další dvě Litavce, poukázal na výskyt akumulčních a erozních fluviálních forem do vzdálenosti 160 m od jezu. Rovněž výzkum Křížka (2008a) na Sázavě zjistil přítomnost korytových akumulací do 60 metrů od jezů, kde až do vzdálenosti 60 m od jezů zasahuje jejich efektivní sedimentační působnost. Z výše uvedeného je patrné, že při porovnání dat získaných terénním mapováním s dalšími výzkumy nelze říci, že by se měnila vzdálenost dosahu efektivní sedimentační i erozní působnosti jezů s velikostí toku. Výskyt korytových akumulací pod jezy vyplývá z hydrauliky toku ovlivněné přítomností překážky, která ovlivňuje podélný profil toku. Nad jezy dochází k částečnému zadržení sedimentu, což vyvolává erozi v korytě pod jezem a následující sedimentaci dále po toku (Csiki a Rhoads, 2010).

Z šetření vztahu mezi korytovými akumulacemi a stupni vyšlo, že mezi nimi není vazba. Přesto u všech toků zcela jasně převažoval výskyt stupňů i korytových akumulací ve vzdálenosti 0-50 metrů od zákrutu, což je dáno zvýšeným výskytem geomorfologické činnosti a následně vzniklých objektů v zákrutech a jejich okolí (sensu Křížek 2008b).

Pouze u Sázavy se podařilo prokázat, že korytové akumulace jsou vázané na výskyt překážek, což je dáno charakterem koryta v úseku Stvořidel. V tomto úseku se vyskytují velké balvany v korytě, které vyvolávají diverzifikaci proudu a napomáhají vzniku vynucených i dalších typů korytových akumulací. Stejně popisují vznik korytových akumulací nad balvany nebo závaly dřevní hmoty Abbe a Montgomery (1996, 2003), Montgomery et al. (2003), Charlton (2007) nebo Buffington et al.

(2002). Podstata spočívá v tom, že dochází v určité vzdálenosti nad balvanem ke zpomalení proudění, změně horizontálního proudění na vertikální a následné sedimentaci. Rovněž za překážkou může docházet k sedimentaci materiálu v důsledku vzniku zóny s odtrženým proudem (Abbe a Montgomery, 1996).

U tří toků (Sázavy, Litavky a Loděnice) dochází ke statisticky významnému nárůstu počtu překážek a korytových akumulací s rostoucí délkou transportu od pramene toku, zatímco u Kocáby klesá počet objektů s rostoucí délkou transportu. Rozdíl mezi Kocábou a ostatními toky je dán jednak polohou úseků mapování v rámci celkových délek toků a také mírou antropogenního ovlivnění toků. V případě Sázavy a Litavky se jedná o úseky ve středních částech toku, které jsou morfologicky pestré a relativně málo ovlivněné antropogenními zásahy. U Loděnice je to dáno tím, že horní povodí je intenzivně zemědělsky využívané, degradované technickými úpravami koryt, zatímco dolní úsek protéká CHKO Český kras a tok je zde minimálně ovlivněn antropogenními zásahy (sensu Just, 2015). Pokles objektů u Kocáby je v souladu s tvrzením Justa (2015), který popisuje dolní úsek Kocáby mezi chatovými osadami jako částečně technicky upravený, vedoucí k degradaci toku a který se pod ústím Královky s přibývajícím zástavbou mění v silně pozměněné koryto se souvisle vydlážděným dnem. Tyto změny související s chatovou zástavbou jsou v kontrastu s relativně přírodní částí dolního úseku Kocáby nad chatovou zástavbou směrem k Malé Lečici.

Z hlediska výskytu převažujících typů korytových akumulací vzhledem k jejich poloze k zákrutům vyšlo, že u tří menších toků převažoval výskyt jeseptých, diagonálních, transversálních a podélných korytových akumulací v zákrutech a jejich blízkém okolí, zatímco postranní korytové akumulace byly typické pro úseky nacházející se mimo zákruty. Ty se vyznačují jednoduchostí a nevyžadují specifické podmínky vzniku oproti ostatním typům korytových akumulací (sensu Charlton, 2007). U dvou nejmenších toků, Kocáby a Loděnice, bylo zaznamenáno hodně postranních korytových akumulací, což může být dáno v tomto případě malou velikostí toku. Dále to může být způsobeno i chybou vzniklou při měření v terénu, kdy bylo někdy obtížné u takto malých toků odlišit, zda se jedná o břeh odhalený v důsledku nízkých vodních stavů, nebo zda se jedná o skutečné postranní korytové akumulace. Za účelem minimalizace takových chyb se pravidelně sledoval vodní stav. Rozdíl mezi vodním stavem v době mapování a průměrným ročním vodním stavem se započítával při uvažování toho, co má být pod vodou a co nikoliv. Jedná se však o komplikovaný pohled na vodní toky, který vyžaduje určité zkušenosti, a proto nelze vyloučit chyby vzniklé odhadem výšky vodního stavu v terénu. Zjištěné převažující typy korytových akumulací souvisí s polohou korytových akumulací v rámci koryta, neboť jednotlivé typy korytových akumulací mají svoji typickou polohu v rámci koryta, která je vázaná na specifické hydraulické podmínky (rozšíření toku, výskyt překážek a hydrauliku v jejich okolí, apod. sensu Charlton, 2007; Robert, 2003; nebo Brierley a Fryirs, 2005).

Mezi délkou korytových akumulací a jejich spojením se břehem se podařilo částečně potvrdit předpoklad, že delší korytové akumulace bývají spojeny s břehy a kratší ne. Z analýzy rozptylu

nevyšly statisticky významné vztahy, ale porovnáním průměrných délek se ukázalo, že zkoumaný vztah pravděpodobně závisí na velikosti toku, zejména na jeho šířce. U tří menších toků byly korytové akumulace bez spojení s břehy kratší než ty, které měly spojení s břehy, ale u Sázavy tomu bylo naopak. Obecně u menších toků, kde není šířka toku velká (většinou do 15 metrů) je proud vody koncentrovanější, a aby korytové akumulace mohly dosahovat větších délek a přitom nebyly rozrušovány vodním tokem, tak bývají zpravidla spojeny s břehy. Vyplývá to i z podstaty laterálních korytových akumulací, které jsou, jak je popisuje Robert (2003) stabilnější než středokorytové akumulace. U větších toků (se šířkou toku 20-50 metrů) s větším průtočným profilem vznikají jednak větší variability v rychlosti proudění v rámci širokého profilu koryta a také se v širším korytě mohou středokorytové akumulace snáze vyvíjet (Křížek, 2008a). Navíc speciálně u Sázavy je to umocněno přítomností balvanů, které vyvolávají vznik těchto korytových akumulací a napomáhají jejich stabilitě vůči proudění vody. Obdobně vysvětlují vznik korytových akumulací nad i pod závaly například Abbe a Montgomery (2003) nebo Charlton (2007), kdy v určité vzdálenosti nad překážkou dochází ke zpomalení proudění se související sedimentací.

V případě spojení korytových akumulací s břehy se ukázalo, že zákruty nemají statisticky významný vliv na jejich spojení s břehy, což souvisí s tím, že zákruty nemají u těchto toků obecně vliv na výskyt korytových akumulací. Při srovnání toků mezi sebou se ukázalo, že s rostoucí velikostí toku klesá počet korytových akumulací se spojením s břehem, což je dáno větším průtočným profilem a větší šířkou toku. U tří toků s výjimkou Sázavy převažovaly korytové akumulace se spojením s břehem, ale u Sázavy tomu bylo naopak. To je dáno tím, že Litavka je velikostně blíže Loděnici a Kocábě než Sázavě. Mezi Litavkou a Sázavou je velký rozdíl v šířce i hloubce toku (tab. 24).

Mezi vegetačním pokryvem korytových akumulací a jejich polohou vzhledem k zákrutům není na první pohled žádná souvislost, nicméně při podrobnějším zkoumání vychází, že u Sázavy a Litavky se korytové akumulace bez vegetace vykytují hlavně v zákrutech a jejich blízkém okolí a korytové akumulace s vegetací se nacházejí dále od zákrutů. Obdobně vyšly i výsledky z šetření na Střední Opavě (Křížek 2008b), kde se prokázalo, že s rostoucí vzdáleností od zákrutu se mění vegetační pokryv směrem k travnímu, keřovému popřípadě stromovému pokryvu. Křížek (2008b) uvádí, že nejdynamičtější podmínky jsou v zákrutech následované oblastmi před nimi a mezi nejméně dynamická prostředí patří oblasti ve větších vzdálenostech za zákruty, kde vegetace má dostatečný prostor ke svému vývoji. U Kocáby a Loděnice je tomu naopak. Tam se korytové akumulace s travním porostem nacházejí blíže zákrutů a ty bez vegetace se kromě zákrutů nacházejí i v rovnějších úsecích dále od zákrutů. Jedním z možných vysvětlení je, že zejména u Loděnice se v zákrutech vyskytovaly erozně odříznuté části břehů, na které navazovaly korytové akumulace. Jejich vznik byl vynucen právě přítomností erozně odříznutých částí břehů a spojením obou objektů vznikly velké korytové akumulace porostlé vegetací. Ta se rozšířila jednak z erozně odříznutých částí břehů a také se jednalo o invazi bylinných druhů, které snáze osídlují i horší povrchy jako jsou šterkovokamenité korytové akumulace.

Charakter a chování korytových akumulací (vegetace, zrnitostní gradace, způsob vzniku apod.) byly u všech toků s výjimkou Sázavy ovlivněny tím, že všechny toky byly v létě 2013 zasaženy povodní. Dle údajů (ČHMÚ, 2013) se jednalo o 100letou povodeň na Kocábě, 50letou povodeň na Sázavě a 20letou povodeň na Litavce a Loděnici. Z toho důvodu převažovaly u Litavky, Kocáby a Loděnice štěrkovokamenité korytové akumulace bez vegetačního povrchu nebo s počínající sukcesí trávobylinnými společenstvy, která však byla vzhledem ke svému malému plošnému zastoupení klasifikována jako povrch bez vegetačního pokryvu. Zde se pravděpodobně jedná o nestabilní (aktivní) korytové akumulace nebo korytové akumulace vzniklé během povodní, na kterých se ještě nestihla uchytit vegetace. Kovář et al. (2002) uvádějí, že na štěrkových lavicích dochází k utvoření souvislého zápoje až teprve po 4 letech. Štěrkovokamenitý materiál bez gradačního zvrstvení převažoval u všech typů korytových akumulací, což ukazuje, že se jedná pravděpodobně o korytové akumulace vzniklé převážně během povodní v roce 2013. V době mapování od povodní uběhly dva roky a u korytových akumulací ještě nestačila vytvořit zrnitostní gradace.

U Sázavy nebylo možné rozlišit charakter materiálu ani jeho gradační zvrstvení z důvodů velké šířky toku v úseku mapování (20-50 metrů) a v mnoha případech byly korytové akumulace navíc porostlé vegetací. Od ostatních toků se Sázava liší vynuceným způsobem vzniku korytových akumulací, což je způsobeno velkým výskytem balvanů v korytě v úseku Stvořidel, které vyvolaly vznik korytových akumulací.

7.2.2. Erozní fluvialní formy

Stejně jako u korytových akumulací ani u břehových nátrží nemají zákruty statisticky významný vliv na jejich rozšíření. Jak už bylo zmíněno výše, vliv zákrutů na vznik a utváření fluvialních forem je nejvýraznější u toků se slabě se vlnícími až meandrujícími úseky, u kterých zákruty vytvářejí odpor proudění (Robert, 2003). Zatímco v úsecích terénního mapování se jedná o středně až mírně vlnité toky a v případě Sázavy v okolí Světlé až o slabě se vlnící tok (tab. 81), což by vysvětlovalo statisticky nevýznamný vliv zákrutů na vznik erozních fluvialních forem. Pokud bychom brali v úvahu mapy hustoty břehových nátrží v rámci mapovaných úseků, tak na rozdíl od korytových akumulací je výskyt břehových nátrží více rozptýlený a není vázaný pouze na zákruty, ale místa jejich největší hustoty jsou stejně jako u korytových akumulací vázaná na kratší a více křivolaké úseky (úsek u Valchy – Litavka, úsek u Malé Lečice – Kocába). Při srovnání toků z hlediska polohy břehových nátrží vzhledem k zákrutům byl statisticky významný rozdíl mezi Kocábou a dalšími dvěma toky – Litavkou a Loděnicí. U Litavky a Loděnice se břehové nátrže vyskytovaly především v zákrutech nebo v jejich blízkosti. Jejich vznik byl většinou vázán na hydrauliku toku v zákrutech, kde se u výsepního břehu soustřeďuje nejsilnější proud a hloubka toku je zde největší, čímž dochází k podemílání a erozi břehů (Knighton 1984). S tímto vysvětlením souvisí i poloha břehových nátrží v rámci zákrutu, kde u Litavky a Loděnice se vyskytovaly břehové nátrže převážně

u vnějšího oblouku zákrutu, zatímco u Kocáby byl jejich vznik zaznamenán především v rovnějších úsecích bez zákrutů.

Zákruty mají vliv na výšku břehových nátrží pouze u Kocáby a rovněž mezi výškou břehových nátrží Kocáby a Litavky byl zjištěn statisticky významný rozdíl (na Kocábě dosahovaly větších výšek než na Litavce). U Kocáby klesá výška břehových nátrží s rostoucí vzdáleností od zákrutů, což je pravděpodobně dáno tím, že v zákrutech se soustředí při výsepních březích velká energie toku, která vymílá břehy do značných výšek, jak uvádí Knighton (1984). Svou roli mohla sehrát rovněž 100letá povodeň v roce 2013 (ČHMÚ, 2013), která měla destruktivní účinky v povodí Kocáby. V toku a jeho blízkém okolí vznikaly velké závaly dřevní hmoty, došlo ke zničení mnoha mostů a lávek a nanesení značného množství různorodého materiálu. Povodeň mohla způsobit vznik některých nátrží, případně u stávajících zvětšit jejich rozsah. Jinak je tomu u Litavky, kde výskyt břehových nátrží je rozptýlený po celé délce mapovaného úseku (obr. 66) a břehové nátrže dosahují podobných výšek v zákrutech i mimo ně. V případě Litavky jsou řídicími faktory geologicko-pedologické podmínky. Na základě map ČGS (2016b) se v nivě Litavky vyskytují především spraše a sprašové hlíny společně s nivními sedimenty, z nichž zejména spraše jsou známé svými specifickými vlastnostmi – nevrstevnatou vertikální strukturou, svislou odlučností a malou odolností vůči erozi vody (sensu Smolíková, 1988). Výskyt spraší v nivě má vliv i na délky břehových nátrží (až 120 m), u nichž byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi Litavkou a dalšími dvěma toky (Kocábou a Loděnicí). Jinak tomu bylo u Loděnice, kde se vysoké nátrže vyskytovaly prakticky jen v okolí zákrutů (na základě porovnání průměrných vzdáleností od zákrutů, ale nejedná se o statisticky významný vztah). Jejich výška roste s délkou transportu. Vysvětlením toho by mohlo být, že v horním a středním úseku je Loděnice hodně ovlivňována antropogenní činností a teprve v dolním úseku je postupně říčce dán volný prostor (sensu Just, 2015). Směrem k ústí má říčka divočejší ráz, údolí nabývá sevřenějšího charakteru, vodní tok je více zahloubený a nejspíše zde dochází ke kombinaci procesů sesouvání v důsledku nestability břehů (zamokření) a fluvialních procesů (přímého působení vodního toku) jako uvádí Charlton (2007).

S přibývajícím délkou toku zpravidla klesá počet forem v něm a zákruty se nacházejí dále od sebe (Charlton, 2007), ale u Litavky a Loděnice se nepodařilo tento předpoklad v případě břehových nátrží potvrdit. Jejich poloha vůči zákrutům se s rostoucí vzdáleností od pramene nemění, zato u Kocáby narůstá s rostoucí délkou transportu vzdálenost břehových nátrží od zákrutů. V případě Kocáby je to způsobeno kombinací vybraného úseku, kde v rámci jednoho úseku se nachází zákrutovitý úsek za Malou Lečicí a směrem po toku klesá křivolakost toku (hlavně od začátku chatové zástavby).

Z výsledku, že břehové nátrže u všech tří toků nejsou vázané na výskyt stupňů, vyplývá, že v případě Litavky, Kocáby a Loděnice je výskyt břehových nátrží ovlivněn především hydraulikou toku, zákruty a rovněž geologicko-pedologickými podmínkami.

7.2.3. Vazba břehových nátrží a korytových akumulací

Z výsledků šetření vazby břehových nátrží a korytových akumulací vyplynulo, že pouze u Litavky existuje statisticky významná vazba mezi oběma objekty, kdy dochází k nárůstu počtu jak břehových nátrží tak i korytových akumulací s rostoucí vzdáleností od pramene. Zde je to pravděpodobně ovlivněno výskytem spraší v nivě Litavky, které umožňují vznik výrazných břehových nátrží, na které jsou pak vázané i korytové akumulace. U dalších dvou menších toků, Kocáby a Loděnice, se nepodařilo prokázat vazbu mezi břehovými nátržemi a korytovými akumulacemi. Nicméně z hlediska rostoucí vzdálenosti od pramene dochází v případě Kocáby ke statisticky významnému poklesu počtu břehových nátrží a korytových akumulací zatímco u Loděnice jejich počet narůstá. Příčinou poklesu objektů u Kocáby může být nárůst antropogenních zásahů do toku s rostoucí vzdáleností od počátku měřeného úseku (sensu Just, 2015). Zejména ve spodní části úseku mezi osadou Rewaston a ústím Královky bylo možné pozorovat narůstající zásahy do koryta, které mohly ovlivnit i výskyt fluviálních forem v korytě. Další příčinou může být i pokles křivolakosti koryta tím i jeho morfologické pestrosti s rostoucí vzdáleností od počátku měření u Malé Lečice. U Loděnice je trend opačný, tam s rostoucí vzdáleností od počátku měření narůstá přirozený ráz koryta (sensu Just, 2015), s čímž souvisí i nárůst počtu fluviálních forem v korytě.

8. ZÁVĚR

Předkládaná práce se zabývá zákonitostmi distribuce korytových lavic a břehových nátrží a zjišťuje, zda se tyto zákonitosti mění dle velikosti toku či jsou univerzální. Za tímto účelem proběhlo mapování na vybraných úsecích čtyř toků – Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice. Všechny toky se nachází v Středních Čechách, vykazují podobné fyzickogeografické podmínky a v rámci vybraných úseků se jedná o přírodě blízké toky. Nicméně z doplňujícího šetření vyšlo, že je nutné mít u výsledků na paměti velký rozdíl ve velikosti toku mezi Sázavou a druhou největší řekou Litavkou a stejně tak malý rozdíl mezi Kocábou a Loděnicí. Platí, že s rostoucí velikostí toku klesá počet fluvialní forem a dalších objektů v toku, ale neprokázal se růst jejich rozměrů s rostoucí velikostí toku. Proto lze považovat ony úseky až na pár výjimek za homogenní. Například délka břehových nátrží Litavky je rozdílná od ostatních toků díky výskytu spraší v nivě Litavky.

Z šetření závislosti rozšíření korytových akumulací vzhledem k poloze a průběhu zákrutů a překážek v korytě pro jednotlivé toky se neprokázala ani u jednoho toku v rámci mapovaných úseků vazba na zákruty. Korytové akumulace jsou vázány na jiné faktory v toku, např. u Sázavy na výskyt překážek v toku. Přesto největší hustota korytových akumulací byla soustředěna do několika málo míst se zvýšenou křivolakostí v rámci daných úseků. Poloha korytových akumulací uvnitř koryta nebyla ovlivněna jen velikostí toku, ale i dalšími lokálními specifickými podmínkami. Obecně převažovaly korytové akumulace ve středu koryta v zákrutech a postranní korytové akumulace dále od zákrutů. Dále u Sázavy a Litavky jezy vytvářejí místa s významným soustředěním sedimentační i erozní činnosti. U dalších dvou toků se v rámci mapovaných úseků nenacházely žádné jezy. Stupně i korytové akumulace se u všech toků nacházely nejvíce ve vzdálenosti do 50 metrů od zákrutu, kde je zvýšená dynamika prostředí i výskyt geomorfologické činnosti toku. Mezi ostatními překážkami (např. balvany, dřevní hmota) a korytovými akumulacemi existovala silná vazba pouze u Sázavy, kde je to dáno charakterem Stvořidel.

V případě změny morfologie korytových akumulací v závislosti na jejich poloze se ukázalo, že u žádného toku kromě Litavky nebyla zjištěna vazba morfometrických parametrů k poloze vzhledem k zákrutům nebo délce transportu a s výjimkou Kocáby ani k šířce toku. K vzájemnému ovlivnění morfometrických parametrů (délky a šířky) dochází jen u Litavky a Loděnice. Z hlediska materiálu převažovaly u všech toků štěrkovokamenité korytové akumulace bez ohledu na vzdálenosti od zákrutů. Vegetační pokryv korytových akumulací nebyl vázán na jejich polohu vzhledem k zákrutům a u všech toků převažovaly korytové akumulace bez vegetačního pokryvu. Rovněž se u všech toků vyskytovaly postranní korytové akumulace dále od zákrutů, zatímco ostatní typy korytových akumulací se nacházely hlavně v zákrutech a jejich okolí. V případě spojení korytových akumulací se břehy se ukázalo, že zákruty nemají vliv na jejich spojení s břehy a zároveň se při porovnání průměrů zjistilo, že u tří menších toků byly korytové akumulace bez spojení s břehy kratší než ty se spojením, zatímco u Sázavy tomu bylo naopak. U Sázavy byl zjištěn převažující

výskyt vynucených korytových akumulací, který byl dán výskytem balvanů v úseku Stvořidel a u dalších tří toků převažovaly nevynucené korytové akumulace bez gradačního zvrstvení.

V případě **břehových nátrží** proběhlo šetření jen na 3 tocích. Na Sázavě nebyly zmapovány žádné břehové nátrže. U všech toků se zjistilo, že výskyt břehových nátrží není vázán na zákruty a jejich výskyt je ovlivněn jinými faktory, např. výskytem sprašových půd v nivě u Litavky. Přesto největší hustota břehových nátrží byla soustředěna do několika málo míst se zvýšenou křivolakostí v rámci daných úseků. Zákruty rovněž nemají ani u jednoho toku vliv na morfometrické parametry břehových nátrží. Břehové nátrže všech tří toků nejsou vázány na výskyt stupňů a jsou rovněž nezávislé na šířce toku. Mezi korytovými akumulacemi a břehovými nátržemi byla silná vazba pouze u Litavky.

Při zhodnocení rozmístění objektů a jejich morfometrických znaků v závislosti na velikosti toku se zjistilo, že korytové akumulace všech toků dosahují podobných délek i šířek, pouze u Loděnice mají odlišnou šířku. U všech toků se vyskytovaly nejvíce podélné, jesešní a postranní korytové akumulace, které patří mezi nejběžnější typy korytových akumulací. Dále se zjistilo, že s rostoucí velikostí toku klesá počet korytových akumulací se spojením s břehem a v souvislosti s tím se mění i jejich poloha v rámci koryta, což je dáno nárůstem šířky toku. Zde je výrazný kontrast mezi Sázavou, kde je převaha korytových akumulací bez spojení s břehem a ostatními toky, kde převažovaly korytové akumulace se spojením s břehem. Rovněž s rostoucí velikostí toku narůstají vzdálenosti korytových akumulací od zákrutů s jedinou výjimkou a tou je Litavka, která se v tomto ohledu podobá Loděnici. V případě břehových nátrží byl významný rozdíl v délce břehových nátrží mezi Litavkou a ostatními toky. U Litavky byly zaznamenány i 120 m dlouhé břehové nátrže ve sprašových půdách. Ve výšce břehových nátrží byly významné rozdíly jen mezi Litavkou a Kocábou, kdy u Kocáby byly zaznamenány vyšší než u Litavky. V poloze břehových nátrží vzhledem k zákrutům byl významný rozdíl mezi Kocábou a ostatními toky, kde u Kocáby se břehové nátrže nacházely ve větších vzdálenostech od zákrutů, zatímco u Litavky a Loděnice byly převážně v zákrutech a jejich blízkém okolí

Z výše uvedeného vyplývá, že výsledky jsou poměrně rozmanité a nelze všechny toky jednoznačně kategorizovat. Nejdůležitějším poznatkem celého výzkumu je, že korytové akumulace ani břehové nátrže nejsou ovlivněny zákruty, nebo že zákruty nehrají v jejich poloze a morfometrii primární roli. Důležité jsou rovněž délka a poloha úseků mapování v rámci celkových délek toků, dále také lokální podmínky specifické pro daná místa (např. výskyt spraší u Litavky, balvanité koryto Stvořidel u Sázavy apod.). Všechny tyto faktory mají velký vliv na geomorfologickou odezvu daných toků na přítomnost zákrutů, jezů a dalších překážek a objektů v korytě (sensu Csiki a Rhoads, 2014). Pro lepší a prokazatelnější výsledky by bylo vhodnější zmapovat delší úseky vzhledem k celkovým délkám toků nebo zmapovat více kratších úseků v různých částech toku, aby se lépe vystihlo chování toku a závislost morfometrických parametrů jednotlivých objektů na délce transportu materiálu.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ABBE, T. B., MONTGOMERY D. R. (1996): Large woody debris jams, channel hydraulics and habitat formation in large rivers. *Regulated Rivers: Research & Management*, 12, č. 2 - 3, s. 201 – 221
- ABBE, T. B., MONTGOMERY, D. R. (2003): Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. *Geomorphology*, 51, č. 1 – 3, s. 81 – 107
- ABERNETHY, B., RUTHERFURD, I. D. (1998): Where along a river's length will vegetation most effectively stabilise stream banks? *Geomorphology*, 23, č. 1, s. 55 – 75
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*, 1. vydání, Kartografie Praha, 79 s.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2010): *Vývoj údolí Sázavy v mladším kenozoiku*. 1. vydání, ČGS, Praha, 198 s.
- BALATKA, B., SLÁDEK, J. (1962): *Říční terasy v českých zemích*, 1. vydání, Geofond - Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 578 s.
- BALATKA, B., SLÁDEK, J. (1977): Evorzní tvary v Čechách a jejich geneze. *Rozpravy ČSAV*, MPV, 87, seš. 7, Academia, Praha, 98 s.
- BALVÍN, P., GABRIEL, P. et al. (2009): *Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích – technické podmínky*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Ministerstvo dopravy a Státní fond dopravní infrastruktury, Praha, 95 s.
- BRIDGE, J. S., LUNT, I. A. (2004): Evolution and deposits of a gravelly braid bar, Sagavanirktok River, Alaska. *Sedimentology*, 51, č. 3, s. 415 - 432
- BRIERLEY, G. J., FRYIRS, K. A. (2005): *Geomorphology and river management: Applications of the river styles framework*. 1. vydání, Blackwell Publications, Oxford, UK, 398 s.
- BUFFINGTON, J. M. et al. (2002): Controls on the size and occurrence of pools in coarse-grained forest rivers. *River research and applications*, 18, č. 6, s. 507 - 531
- CÍLEK, V., LOŽEK, V. (2005): Reliéf a geomorfologie. In: Cílek, V. (ed.): *Střední Brdy*, MZE ČR, MŽP, ČSOP Příbram, Kancelář pro otázky ochrany přírody a krajiny Příbram, Příbram, 376 s.
- CSIKI, S. J. C., RHOADS, B. L. (2010): Hydraulic and geomorphological effects of run-of-river dams. *Progress in Physical Geography*, 34, č. 6, s. 755-780
- CSIKI, S. J. C., RHOADS, B. L. (2014): Influence of four run-of-river dams on channel morphology and sediment characteristics in Illinois, USA. *Geomorphology*, 206, č. 1, s. 215 – 229
- CULEK, M. et al. (2013): *Biogeografické regiony České republiky*. 1. vydání, MU, Brno, 448 s.
- DEMEK, J. (1987): *Obecná geomorfologie*. 1. vydání, Academia, Praha, 475 s.

- DEMEK, J. et al. (1987): *Zeměpisný lexikon ČSR - Hory a nížiny*. 1. vydání, Academia, Praha, 584 s.
- FRYIRS, K. A., BRIERLEY, G. J. (2004): Bar, River. In: Goudie, A. S. (ed.): *Encyclopedia of geomorphology*, 1. svazek, Routledge, London, s. 56 – 58
- FRYIRS, K. A., BRIERLEY, G. J. (2013): *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. 1. vydání, Wiley-Blackwell, Chichester, 345 s.
- GREŠKOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M. (2007): Vplyv lesných brehových porastov na správanie a morfológiu riečného koryta. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 1, č. 1, s. 36 – 42
- GUPTA, R. S. et al. (2001): *Hydrology and Hydraulic Systems*. 2. vydání, Waveland press, Long Grove, 867 s.
- GURNELL, A. M. et al. (2002): Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology*, 47, č. 4, s. 601 – 619
- GURNELL, A. M., BERTOLDI, W., CORENBLIT, D. (2012): Changing river channels: The roles of hydrological processes, plants and pioneer fluvial landforms in humid temperate, mixed load, gravel bed rivers. *Earth – Science Reviews*, 111, č. 1 - 2, s. 129 – 141
- HAMILL, L. (1999): *Bridge Hydraulics*. 1. vydání, E & FN SPON, London, 384 s.
- HENDL, J. (2004): Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat. 1. vydání, Portál, Praha, 736 s.
- HRÁDEK, M. (2005): Vznik meandrujících thalwegových koryt na Bečvě za povodně. In: Rypl, J. (ed.): *Geomorfologický sborník 4*, JČU, České Budějovice, s. 51 - 54
- CHARLTON, R. (2007): *Fundamentals of fluvial geomorphology*. 1. vydání, Routledge, London, 280 s.
- CHLUPÁČ, I. (1999): *Vycházky za geologickou minulostí Prahy a okolí*. 2. vydání, Academia, Praha, 279 s.
- CHLUPÁČ, I. et al. (2011): *Geologická minulost České republiky*. 2. vydání, Academia, Praha, 436 s.
- KELLER, E. A., SWANSON, F. J. (1979): Effects of large organic material on channel form and fluvial processes. *Earth Surface Processes*, 4, č. 4, s. 361 – 380
- KHWAIRAKPAM, P., MAZUMDAR, A. (2009): Local Scour Around Hydraulic Structures. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1, č. 6, s. 59 – 61
- KNIGHTON, D. (1984): *Fluvial forms and processes*. 1. vydání, Edward Arnold (Publishers), UK, 218 s.
- KOVÁŘ, P. et al. (2002): Vegetační sukcese v nivě řeky pět let po záplavě. *Živa*, 88, č. 6, s. 253 - 257

- KŘÍŽEK, M. (2007): Údolní niva jako geomorfologický fenomén. In: Langhammer, J. (ed.): *Povodně a změny v krajině*. 1. vydání, Nakladatelství P3K, Praha, s. 169 – 186
- KŘÍŽEK, M. (2008a): Erosion and accumulation flood landforms in Sázava River in spring 2006. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, 42, č. 1-2, s. 163 – 181
- KŘÍŽEK, M. (2008b): Změna korytových akumulací po povodni v září 2007 na Střední Opavě. In Langhammer, J. (ed.): *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. 1. vydání, Nakladatelství P3K, Praha, s. 214 - 221
- LEOPOLD, L. B., MILLER, J. P., WOLMAN, M. G. (1992): *Fluvial processes in geomorphology*. 2. vydání, Dover publications, New York, 522 s.
- LUCHI, R. et al. (2010): Width variations and mid – channel bar inception in meanders: River Bollin (UK). *Geomorphology*, 119, č. 1 – 2, s. 1 – 8
- MÁČKA, Z. et al. (2011): Geomorfologické a vegetační změny opuštěného meandru Moravy v oblasti osypaných břehů pět let po odškrvení. *Geologické výzkumy na Moravě a v Slezsku*, MU, Brno, 18, č. 2, s. 37 – 42
- MÍSAŘ, Z., et al. (1983): *Geologie ČSSR I. Český masív*. SPN, Praha, 336 s.
- MONTGOMERY, D. R. et al. (2003): Geomorphic effects of wood in rivers. In: Gregory, S., Boyer, K., Gurnell, A. M. (ed.): *The Ecology and Management of Wood in World Rivers*. American Fisheries Society Symposium, 37, Bethesda, Maryland, s. 1 – 27
- NEKUT, B. et al. (2005): Vody. In: Cílek, V. (ed.): *Střední Brdy*, MZE ČR, MŽP, ČSOP Příbram, Kancelář pro otázky ochrany přírody a krajiny Příbram, Příbram, s. 75 - 87
- OPPERMAN, J. J., MERENLENDER, A. M. (2007): Living trees provide stable large wood in streams. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, č. 8, s. 1229 – 1238
- ORR, C. H., KOENIG, S. (2006): Planting and vegetation recovery on exposed mud flats following two dam removals in Wisconsin. *Ecological Restoration*, 24, č. 2, s. 79 -86
- PAŘÍLKOVÁ, J., ČERMÁKOVÁ, B. (2009): Ověření možností metody EIS při monitorování vývoje dna toku při obtékání mostních pilířů. *EUREKA 2009*, VUTIUM, Brno, s. 38 - 52
- PEARSON, A. J., PIZZUTO, J. (2015): Bedload transport over run-of-river dams, Delaware, U.S.A. *Geomorphology*, 248, č. 1, s. 382 – 395
- POJER, F., ABSOLON, K. et al. (2005): Fauna. In: Cílek, V. (ed.): *Střední Brdy*, MZE ČR, MŽP, ČSOP Příbram, Kancelář pro otázky ochrany přírody a krajiny Příbram, Příbram, s. 142 - 175
- POLLEN-BANKHEAD, N., SIMON, A. (2010): Hydrologic and hydraulic effects of riparian root networks on streambank stability: Is mechanical root-reinforcement the whole story? *Geomorphology*, 116, č. 3 – 4, s. 353 – 362

- PROCHÁZKA, J., MLČOCH, B. (1998): Komplexní geologický výzkum melechovského masivu. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1997*, ČGÚ, Praha, s. 31-37
- RICE, S. P. et al. (2009): Morphology and evolution of bars in a wandering gravel-bed river, lower Fraser river, British Columbia, Canada. *Sedimentology*, 56, č. 3, s. 709 – 736
- ROBERT, A. (2003): *River Processes: An Introduction to Fluvial Dynamics*. 1. vydání, Arnold, London, 224 s.
- ROBERTS, S. J. et al. (2007): Assessing Potential Removal of Low-Head Dams in Urban Settings: An Example from the Ottawa River, NW Ohio. *Environmental Management*, 39, č. 1, s. 113- 124
- ROŠTÍNSKÝ, P., MÁČKA, Z., KREJČÍ, L. (2010): Morphological effects of large woody debris in meandering rivers: case studies from the Svratka, Lužnice and Morava Rivers. In: *Geografie pro život ve 21. století: Sborník příspěvků z XXII. sjezdu České geografické společnosti pořádaného Ostravskou univerzitou v Ostravě 31. srpna – 3. září 2010*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, s. 89 – 95
- ROWNTREE, K. M., DOLLAR, E. S. J. (1999): Vegetation controls on channel stability in the Bell River, Eastern Cape, South Africa. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, č. 2, s. 127 – 134
- RUBÍN, J., BALATKA, B. et al. (1986): *Atlas skalních, zemních a půdních tvarů*. 1. vydání, Academia, Praha, 388 s.
- SASS, G. G. (2009): Coarse woody debris in lakes and streams. In: Likens, G. E. (ed.): *Encyclopedia of inland waters*, 1. edice, 1. svazek, Elsevier, Oxford, England, s. 60 – 69
- SIMON, A., COLLISON A. J. C. (2002): Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, č. 5, s. 527 – 546
- SOFRON, J. et al. (2005): Flora a vegetace. In: Cílek, V. (ed.): *Střední Brdy*, MZE ČR, MŽP, ČSOP Příbram, Kancelář pro otázky ochrany přírody a krajiny Příbram, Příbram, s. 101 - 119
- SMOLÍKOVÁ, L. (1988): *Pedologie*. 2. vydání, SPN, Praha, 294 s.
- ŠTEFÁČEK, S. (2008): *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska*. 1. vydání, Baset, Praha, 743 s.
- TAUFMANNOVÁ, A., LANGHAMMER, J. (2008): Analýza antropogenní transformace toků a údolní nivy jako faktoru, ovlivňujícího průběh a následky povodní v povodí horní Litavky. In Langhammer, J. (ed.): *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. 1. vydání, Nakladatelství P3K, Praha, s. 244 - 252
- TOLASZ, R. et al. (2007): *Atlas podnebí Česka*. 1. vydání, ČHMÚ a UP v Olomouci, vydavatelství UP v Olomouci, Olomouc, 255 s.
- TOMÁŠEK, M. (2007): *Půdy České republiky*. 4. vydání, Česká geologická služba, Praha, 68 s.

XU, X. – Z. et al. (2015): Gravity erosion on the steep loess slope: Behavior, trigger and sensitivity. *Catena*, 135, s. 231 - 239

ZACHOVAL, Z. et al. (2012): Zone of flow separation at the upstream edge of a rectangular broad-crested weir. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 60, č. 4, s. 288 - 298

Elektronické a mapové zdroje:

AOPK ČR (2014): Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky – NPR Karlštejn, správa CHKO Český kras. Dostupné na: <http://ceskykras.ochranaprirody.cz/ochrana-prirody/chranena-uzemi/npr-karlstejn/> (22. 10. 2014)

ArcČR 500 (Digitální vektorová geografická databáze České republiky). Dostupné online: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (2. 3. 2016)

ČGS (2016a): Česká geologická služba - Půdní mapa 1:50 000. Dostupné na: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace#> (27. 6. 2016)

ČGS (2016b): Česká geologická služba - Geologická mapa 1:50 000. Dostupné na: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace#> (27. 6. 2016)

ČHMÚ (2013): Vyhodnocení povodní v červnu 2013. MŽP, ČHMÚ, Praha, 79 s., dostupné online: <http://voda.chmi.cz/pov13/pov2013.pdf> (6. 8. 2016)

ČHMÚ (2014): Český hydrometeorologický ústav - hlásné profily povodňové služby. Dostupné online: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_bklist.php?srt=&fkraj=&fpob=&fucpov=&kat=&fkat=&sort=&sort_tupe=&startpos=200&recnum=50 (20. 3. 2015)

ČHMÚ (2015a): Český hydrometeorologický ústav - hydrologická data pro vybrané hlásné profily Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice.

ČHMÚ (2015b): Český hydrometeorologický ústav - meteorologická data pro vybrané srážkoměrné stanice v povodí Sázavy, Litavky, Kocáby a Loděnice.

ČÚZK (2015): Český úřad zeměměřičský a katastrální - letecké měřičské snímky a ortofoto snímky. Dostupné online: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(ao0aykk3cjoolhtpc5hrqjun\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=lms&side=lms](http://geoportal.cuzk.cz/(S(ao0aykk3cjoolhtpc5hrqjun))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=lms&side=lms), [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(ao0aykk3cjoolhtpc5hrqjun\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=ortofoto&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&productid=63410&mapid=83&menu=231](http://geoportal.cuzk.cz/(S(ao0aykk3cjoolhtpc5hrqjun))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=ortofoto&metadataID=CZ-CUZK-ORTOFOTO-R&productid=63410&mapid=83&menu=231) (1. 5. 2016)

DIBAVOD (Digitální báze vodohospodářských dat): Referenční geografická databáze pro tvorbu tematických kartografických výstupů s vodohospodářskou tematikou a tematikou ochrany vod. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., odbor ochrany vod a informatiky, odd. GIS, 2007. Dostupné online: <http://www.dibavod.cz> (2. 3. 2016).

DMR 5G (Digitální model reliéfu 5. generace): Český úřad zeměměřičský a katastrální.

JUST, T. (2015): Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky – Péče o vodní režim krajiny, některé vodní toky Středních Čech. Dostupné na: <http://praha.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/nektere-vodni-toky-strednich-cech/litavka/> (15. 2. 2015)

POVODÍ VLTAVY (2009): Plán oblasti povodí Dolní Vltavy – část A: popis oblasti povodí. Povodí Vltavy, státní podnik, 39 s., dostupné online na: http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/vd/a/1_textova_cast/vd_kapitola_a.pdf (5. 2. 2015)

POVODÍ VLTAVY (2014): Vodohospodářská bilance v dílčím povodí za rok 2014. Dostupné online: http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodohospodarska-bilance-v-dilcim-povodi_1/vodohospodarska-bilance-v-dilcim-povo (15. 12. 2015)

PŮDNÍ MAPA ČR 1:50 000

SUCHE JAZY (2014): Dostupné online: <http://www.suchejezy.cz/jez-Reka-Sazava-ricni-km-1294-Povodi-Vltavy.aspx?ID=155> (12. 8. 2016)

Software:

ESRI, Inc. (2015): ArcMap, version 10.3, <http://www.esri.com>

StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12, <http://www.statsoft.com>

10. PŘÍLOHY