

MORFOLOGICKÉ A SEDIMENTOLOGICKÉ ÚČINKY ŘÍČNÍHO DŘEVA V KORYTĚ ČERNÉ OPAVY

Morphological and sedimentological effects of woody debris in the channel of the Černá Opava

Zdeněk Máčka, Lukáš Krejčí

Geografický ústav PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: macka@sci.muni.cz

(15–13 Vrbno pod Pradědem)

Key words: woody debris, channel morphology, grain size, sediment sorting, the Černá Opava River

Abstract

Woody debris in streams and rivers is an important controlling variable of channel morphology. Morphological and sedimentological effects of individual wood pieces and wood accumulations in two segments of the Černá Opava River were investigated. It can be concluded that live and dead woody vegetation conditioned the origin of river branching after the extreme flood in 1997. Afterwards, woody debris governed the spatial distribution of small erosional bed forms (pools) and also partly enhanced the retention of finer sediments. Woody debris has also local impact on sediment grain size and to a lesser extent on sediment sorting. Bed load samples from fluvial forms which were generated by woody debris show finer and better sorted sediments. However, the difference to samples unaffected by woody debris is statistically insignificant. Nevertheless, it is inferred that the presence of woody debris increased the differences in sediment grain size and sorting on a local scale.

Úvod

Říční dřevo je fenomén, který významným způsobem ovlivňuje fungování fluviálních systémů v zalesněných povodích (Gregory et al. 2003). Říčním dřevem rozumíme různorodý materiál (kmeny, větve, pařezy, kořeny), který vzniká fragmentací stromů a keřů, které se vyvrátily do říčního koryta. Říční dřevo je český termín, který navrhuje používat jako ekvivalent anglického pojmu *woody debris*. Podle velikosti se rozlišuje hrubé dřevo (*large woody debris*; LWD) s průměrem alespoň 10 cm a délkou nejméně 1 m a jemné dřevo (*small woody debris*; SWD) s menšími rozměry (Máčka – Krejčí 2010). Dřevo komplexním způsobem ovlivňuje fyzikální a biologické procesy v řekách; zejména se jedná o vliv na proudění vody, morfologii koryta a nivy, transport a retenci sedimentů, stanovištní a druhovou pestrost a cykly živin (Grešková 2005). Hrubé dřevo je z našich řek po dlouhou dobu soustavně odstraňováno, což vedlo k proměně vzhledu a fungování vodních toků. Tento příspěvek se zabývá v detailním prostorovém měřítku morfologickými a sedimentologickými účinky říčního dřeva ve dvou segmentech šterkovitého koryta Černé Opavy v Hrubém Jeseníku.

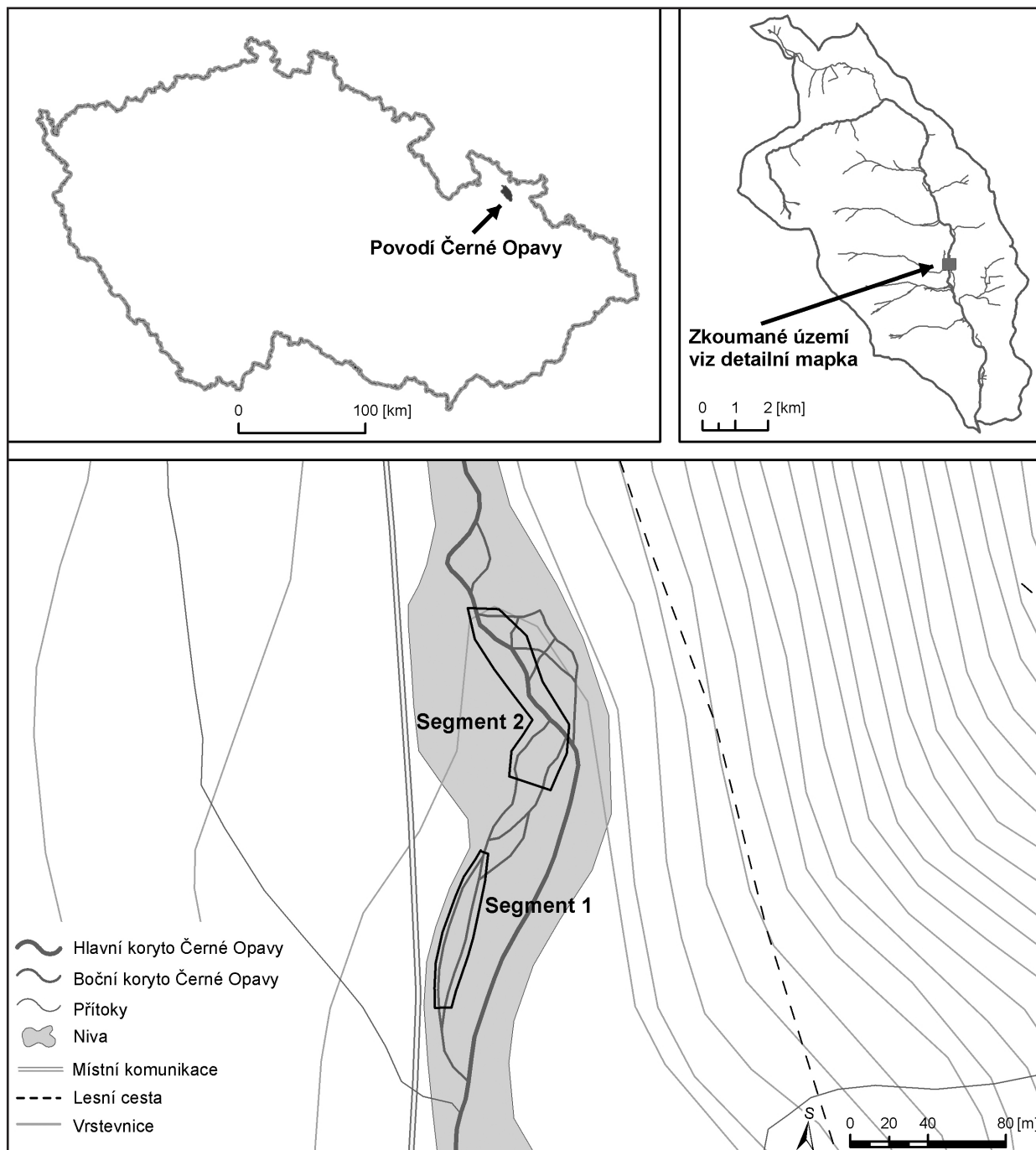
Vliv dřeva na formování morfologie a retenci sedimentů u horských vodních toků byl poprvé popsán již v 70. letech 20. století v sz. části USA (Swanson et al. 1976, Keller – Swanson 1978, Beschta 1979). V horských tocích s velkým sklonem koryta, příkrými údolními svahy a úzkou či chybějící nivou mohou dřevní akumulace lokálně zrychlit či zpomalit erozi břehů a dna, vytvořit překážky zachytávající splaveniny a vést ke vzniku stupňovitého podélného profilu. V tocích s menším sklonem koryta může dřevo zvýšit nebo snížit stabilitu říčních břehů, iniciovat vznik centrálních lavic a krátkých divočících úseků, nebo způsobit vznik povodňových koryt či vyvolat odškrcení meandrů. Dřevo působí v různých časoprostorových

úrovňích od rychlé, lokální tvorby tůně za jediným padlým stromem (Kail 2003) až po dlouhodobý vývoj říčního vzoru a celé údolní nivy (Brooks et al. 2003). Výsledný morfologický účinek závisí na poměru velikosti dřeva a velikosti koryta; nejvýraznější účinky má dřevo na menších a středně velkých vodních tocích.

Mnohem méně pozornosti bylo věnováno vlivu dřeva na zrnitostní diferenciaci (vytřídění) dnových splavenin. Zrnitostní diferenciaci sedimentů v korytech tvořených hrubozrnnými aluviálními sedimenty je výsledkem segregace částic během procesů eroze, transportu a depozice. Vytřídění aluviálních šterků je konvenčně připisováno selektivnímu odnosu různě velkých částic, kdy větší zrna mají větší inercii než malá a vyžadují proto větší hodnoty tečného napětí pro uvedení do pohybu. Faciální (zrnitostní) diferenciaci sedimentů je tak interpretována jako odraz prostorové variability transportní kapacity. V měřítku říčního úseku se rozdíly v zrnitosti sedimentů projevují ve vztahu k prostorové organizaci dnových forem jako jsou brody (*riffles*), tůně (*pools*) nebo lavice (*bars*) (Powell 1998). Vzhledem k tomu, že dřevo modifikuje hydraulické podmínky a tvorbu dnových forem v korytě, lze očekávat i vliv na zrnitost sedimentů.

Zájmový říční úsek

Černá Opava pramení v sedle mezi Orlíkem a Srncím vrchem a odvodňuje v. úbočí masivu Medvědího vrchu (1 216 m n. m.) v CHKO Jeseníky; společně se Střední a Bílou Opavou je zdrojnicí řeky Opavy. Délka toku je 18,5 km, plocha povodí 57,9 km², průměrný průtok na stanici Mnichov 0,76 m³.s⁻¹. Zkoumaný úsek má délku 200 m a leží mezi říčními km 5,73–5,93 (viz obr. 1). Řeka je dnes rozdělena do několika menších ramen, jejichž morfologie se vyvíjí přirozeným způsobem a jež se vyznačují velkou členitostí dna a břehů. Úsek je výjimečný velkým množ-



Obr. 1: Poloha povodí Černé Opavy a zájmových segmentů nivy. Detailní mapka ukazuje větvení řeky, které vzniklo při povodni v červenci 1997.

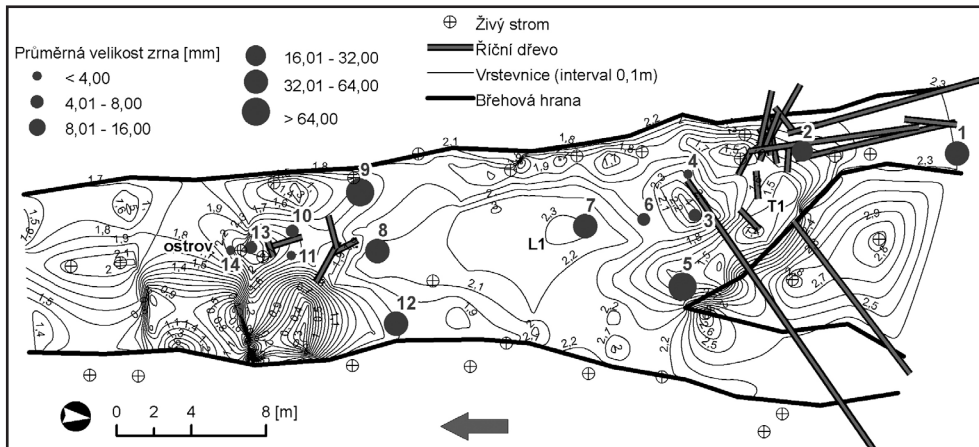
Fig. 1: Location of the Černá Opava watershed and the study river reaches. Detail map shows the river branching, which arose during the July 1997 flood.

stvím říčního dřeva, které tvoří individuální kusy a dřevní akumulace. Velké množství kmenů, pařezů po odstraněných stromech i živých stromů je podmíněno vývojem při povodni v roce 1997, kdy si řeka vytvořila několik nových ramen v nivě porostlé smrkovým lesem. Povodně dosahují značně vysokých kulminačních průtoků ($Q_{100} = 65,6 \text{ m}^3/\text{s}$) a mají výrazně formativní účinek na údolní nivu a ramena řeky. Vznik rozvětveného úseku připomínajícího divočení (renaturalizace povodní) se datuje do roku 1997, kdy kulminační průtok povodně činil $120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Řehánek 2002). Povodně renaturalizované úseky již nebyly uvedeny

zpět do původního stavu, jsou unikátním příkladem dynamicky se vyvíjející nivy horského toku a byly předmětem některých geomorfologických a botanických výzkumů (Ponciová 2003, Šaňková 2009). Poslední velká povodeň s kulminačním průtokem $76,6 \text{ m}^3/\text{s}$, jejíž morfologické účinky zdokumentovala Wistuba (2009), proběhla v září 2007.

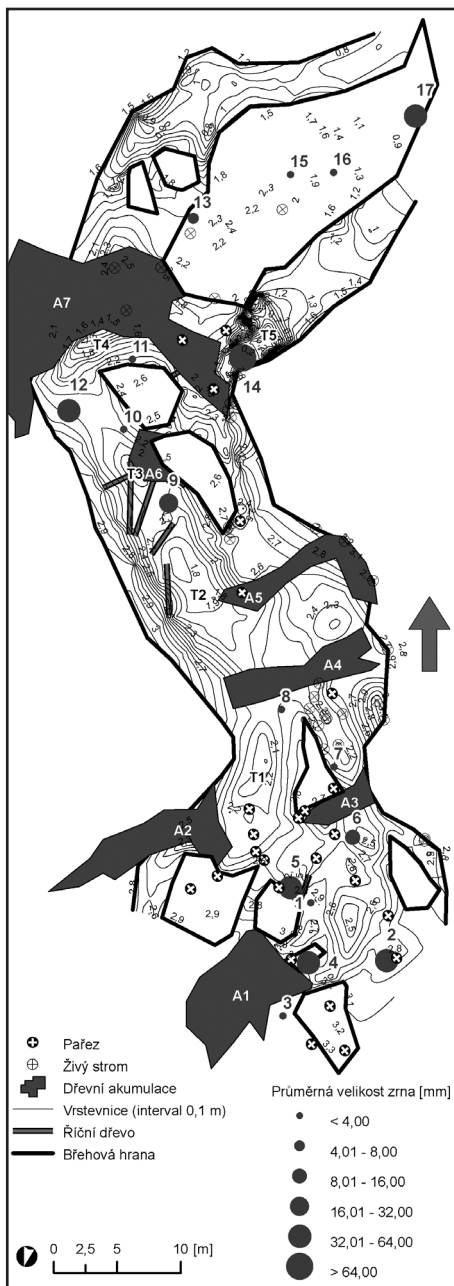
Metody

Terénní práce probíhaly během srpna roku 2009. Prvním krokem bylo geodetické zaměření obou úseků



Obr. 2: Morfologie koryta, poloha říčního dřeva, živých stromů a průměrná zrnitost dnových splavenin v segmentu 1.

Fig. 2: Channel bed topography, distribution of woody debris, live trees and mean grain size of bed-load at segment 1.



ho dna v programu ArcGIS 9.2. Prostorovou interpolací pomocí metody „natural neighbor“ byl v programu ArcMap vytvořen grid s krokem 0,1 m. Tento grid byl následně převeden na 3D model v programu ArcScene. Do modelu byly zahrnuty biologické struktury tvořené mrtvým říčním dřevem a živými stromy.

Druhým krokem byl odběr a zrnitostní rozbor korytových sedimentů. Vzorky byly odebírány z jednotlivých korytových forem – brodů, tůň a lavic. Byly vzorkovány formy ovlivněné i neovlivněné přítomností dřeva. V případě štěrkovitých sedimentů bylo z povrchu formy odebráno 50 náhodně zvolených klastů, u kterých byla na místě změřena b-osa pomocí mřížky s otvory odstupňovanými po $\frac{1}{2} \Phi$ (13 vzorků) (Bunte – Abt 2001). Z forem tvořených drobně štěrkovitými a písčnými sedimenty byly odebrány objemové vzorky s váhou 1 kg, které byly síťovány na přístroji Retsch AS 200 Control (18 vzorků). Následně byly sestaveny zrnitostní křivky a vypočtena průměrná velikost zrna M_z a koeficient vytrídění σ , podle Folk – Ward (1957).

Výsledky

Topografie dna v obou segmentech koryta ukazuje, že říční dřevo výrazně komplikuje jeho morfologii (viz obr. 2 a 3). To je zejména patrné při srovnání s jinými úseky dolního toku Černé Opavy, kde převažuje ploché dno, případně sekvence brodů a tůň. Morfologické efekty jsou znásobeny skutečností, že řeka se větví do menších ramen. Zvláště dřevní akumulace pak v menších ramenech výrazně mění hydraulické podmínky (vznik hydraulických skoků), vyvolávají vznik tůň a zadržují splaveniny. Z plochy 570 m² segmentu 1 tvoří 76 m² erozní a 85 m² akumulací formy vyvolané přítomností dřeva, podobně z 1 439 m² segmentu 2 tvoří 185 m² erozní a 42 m² akumulací formy. Některé formy jsou vyvolané říčním dřevem či živou vegetací nepřímo – např. centrální lavice nebo tůň v segmentu 1, tůň v segmentu 2. Sklon koryta v segmentu 1 je 14,8 ‰, sklon koryta v segmentu 2 je 19,2 ‰.

V segmentu 1 je markantní vznik tůň T1 s komplikovaným tvarem pod dřevní akumulací blokující v celé šířce jedno z užších, pobočných koryt řeky (viz obr. 2).

Obr. 3: Morfologie koryta, poloha říčního dřeva, živých stromů a průměrná zrnitost dnových splavenin v segmentu 2.

Fig. 3: Channel bed topography, distribution of woody debris, live trees and mean grain size of bed-load at segment 2.

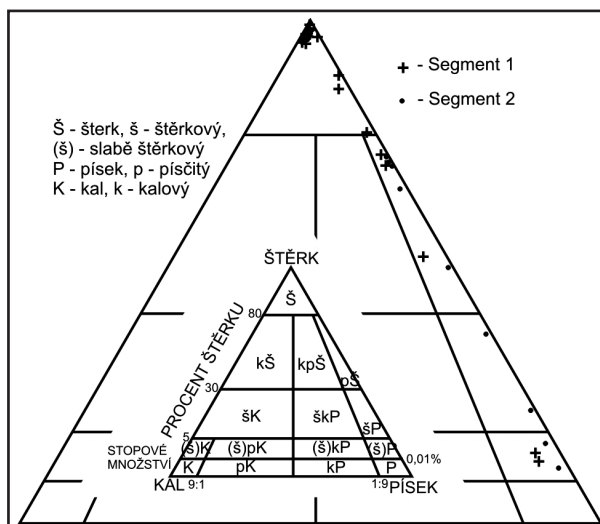
pomocí totální stanice Topcon GPT-9003M. Zaměřena byla morfologie koryta, poloha jednotlivých kusů říčního dřeva, pařezů a živých stromů rostoucích v korytě nebo jeho bezprostřední blízkosti. Pole měřických bodů mělo průměrnou hustotu 1 bod na 2,7 m² koryta. Zaměřen byl rovněž půdorys větších nahromadění dřeva, tzv. dřevních akumulací. Z měření byl sestaven výškový model říční-

Akumulace vytváří v korytě stupeň (hydraulický skok) s převýšením 0,5 m. Akumulace je propustná a nedochází nad ní k výraznějšímu zachytávání

splavenin. Tůň má hloubku 0,3 m, maximální šířku a délku 6 m, respektive 11 m. Dřevo tak iniciovalo vznik stupně v podélném profilu řeky, kdy na vzdálenost 8 m klesá dno koryta o 0,8 m (lokální sklon dna 100 ‰). Dále po proudu následuje centrální lavice L1, která je výsledkem depozice materiálu vymývaného z tůně T1. Depozici v tomto místě podporuje i příčně orientovaný kmen zasahující do koryta, za kterým se usazuje hrubý písek. Vegetace přímo ovlivňuje rovněž spodní část segmentu 1, kde se nachází ostrov zpevněný živými stromy a říčním dřevem. Ostrov představuje stabilní překážku proudění, nicméně koryto se nemůže rozšířit boční erozí, protože břehy jsou stabilizovány živými stromy. V důsledku toho dochází k akceleraci hloubkové eroze, která vedla ke vzniku dvou tůní lemujících ostrov. Větší z tůní v levé části koryta má hloubku 0,9 m, šířku 4 m a délku 8 m.

Segment 2 je plošně rozsáhlejší a jeho morfologie je komplikovanější (viz obr. 3). Protože je zde koryto širší, nejsou zde tolik významné vlivy živé břehové vegetace jako v segmentu 1. V dílčích korytech a na ostrovech se nachází celkem sedm dřevních akumulací různých rozměrů, velké množství pařezů a několik individuálních kusů dřeva. Nejvýraznější morfologický efekt má akumulace A7, která vznikla v čelní části ostrova, na kterém dochází k zachytávání dřeva za povodní. Akumulace blokuje koryto v celé šíři, mění směr proudění a vedla ke vzniku tůní T4 a T5. Akumulace vytváří v korytě stupeň s převýšením 0,6 m, navazující tůň má hloubku 1,1 m, šířku 2,5 m a délku 7 m. Na vzdálenost 7 m tak klesá dno o 1,7 m (lokální sklon dna 242,9 ‰). Akumulace díky specifickým hydraulickým podmínkám v její čelní části (změna směru proudění v pravém úhlu) nezachytává splaveniny, ale naopak vyvolala vznik tůně T2. Ostatní akumulace již nemají tak výrazné erozní účinky, protože jsou jednak menší a také se nacházejí zčásti na ostrovech a neblokují koryto v celé šíři. Více se u nich projevuje zachytávání splavenin, které se hromadí před čelní částí akumulací ve směru proti proudu nebo pod akumulacemi v proudových stínech. Nejmarkantnější je účinek akumulace A6, za kterou se nachází centrální lavice tvořená drobným šterkem. Genetický vztah k říčnímu dřevu mají pravděpodobně i tůně T2 a T3, které se nacházejí v místech, kde je průtočný profil zčásti zúžen dřevními akumulacemi A5 a A6, čímž je akcelerována hloubková eroze.

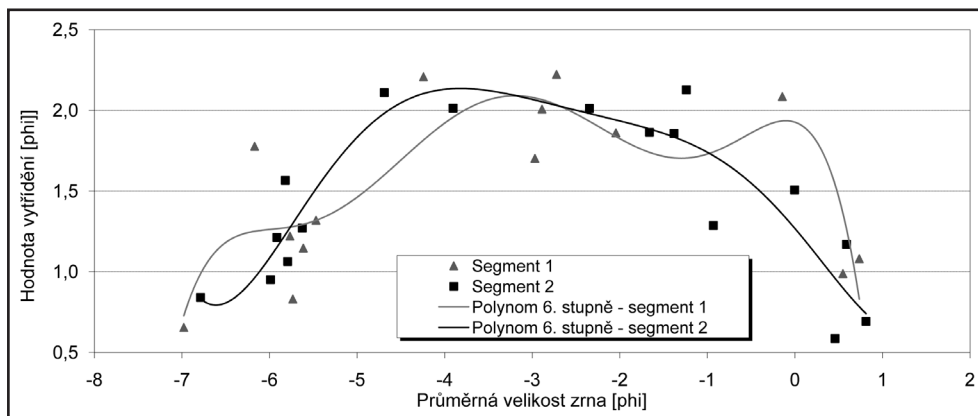
Variabilitu v zrnitosti dnových splavenin v rámci obou segmentů koryta ukazuje ternární diagram na obr. 4. Průměrná zrnitost M_z odebraných vzorků se pohybovala od -6,8 do 0,8 Φ (kamery až hrubozrnný písek). Vztah průměrné zr-



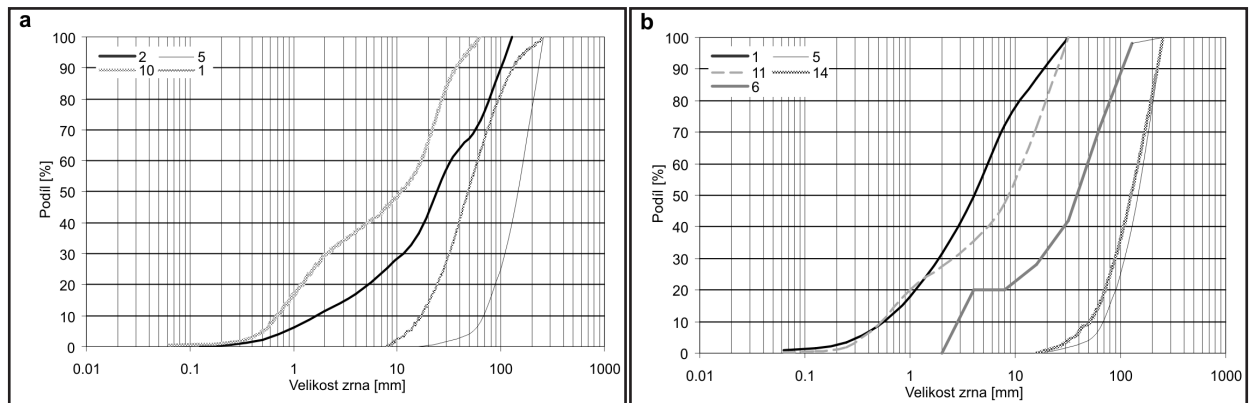
Obr. 4: Ternární diagram znázorňující zrnitostní složení vzorků dnových splavenin ze dvou segmentů koryta Černé Opavy.
Fig. 4: Ternary diagram showing grain size of bed-load samples from two reaches of the Černá Opava River.

nitosti sedimentů ke korytovým formám je zachycen na obr. 2 a 3. Z analýzy vyplývá, že sedimenty na formách vzniklých působením dřeva jsou jemnozrnnější ($M_z = -4,61 \Phi$) než na formách neovlivněných dřevem ($M_z = -4,98 \Phi$), nicméně rozdíl mezi oběma soubory není statisticky signifikantní (t-test, $p = 0,05 \%$). V segmentu 1 je patrné, že nejjemnější materiál je deponovaný v rámci akumulacích forem (lavice, ostrov) a to v místech s přítomností živých stromů a říčního dřeva. Nejhrubší materiál tvoří dno v brodových úsecích a tůních. V rámci segmentu 2 je patrné, že nejhrubší sedimenty se nacházejí v tůních pod kládovými stupni, případně v tůních před dřevními akumulacemi a v brodových úsecích bez vlivu dřeva. Jemnozrnnější sedimenty jsou deponované v proudových stínech mezi akumulacemi.

Dále byl u jednotlivých vzorků sledován stupeň vytrřídění σ_1 ve vztahu k průměrné velikosti zrn (viz obr. 5). Vytrřídění vzorků se pohybuje od 0,59 do 2,22 Φ , převažují sedimenty špatně a velmi špatně vytrříděnými (25 vzorků) nad sedimenty slabě a středně vytrříděnými (6 vzorků).



Obr. 5: Vztah průměrné velikosti zrna M_z a stupně vytrřídění σ_1 vzorků dnových splavenin ve dvou segmentech koryta Černé Opavy.
Fig. 5: Relation of mean grain size M_z and sorting σ_1 from samples of bed-load in two reaches of the Černá Opava River.



Obr. 6: Zrnostní křivky vzorků dnových splavenin odebraných v segmentu 1 (a) a segmentu 2 (b) z koryta Černé Opavy. Segment 1, vzorek č. 2 – tůň před dřevní akumulací, 5 – tůň v proudnici bez vlivu dřeva, 10 – brodový úsek se dřevem, 1 – brodový úsek bez dřeva. Segment 2, vzorek č. 2 – dno nad kládovým stupněm, 5 – dno pod kládovým stupněm, 11 – tůň nad dřevní akumulací, 14 – tůň pod dřevní akumulací, 6 – tůň neovlivněná dřevem.

Fig. 6: Grain size distributions of bed-load samples from segment 1 (a) and segment 2 (b) of the Černá Opava channel. Segment 1, sample no. 2 – pool below wood accumulation, 5 – pool in thalweg without woody debris influence, 10 – riffle with woody debris, 11 – riffle without woody debris. Segment 2, sample no. 2 – channel bed upstream of log step, 5 channel below of log step, 11 – pool upstream of wood accumulation, 14 – pool below wood accumulation, 6 – pool without influence of wood.

	Vzorek	M_z [Φ]	$\sigma_{1[\Phi]}$	Vytříděnost	Popis místa	Souvislost s říčním dřevem
Segment 1	1	-5,6	1,15	špatně vytříděný	brod, 3 m před LWD paralelně s proudem	N
	2	-4,2	2,21	velmi špatně vytříděný	tůň, 5 m před akumulací	A
	3	-3,0	1,70	špatně vytříděný	náplav pod akumulací	A
	4	-0,1	2,09	velmi špatně vytříděný	tůň za akumulací, klidný břeh na okraji náplavu	A
	5	-7,0	0,65	středně vytříděný	tůň, nárazový břeh, hlavní proudnice	N
	6	-2,9	2,01	velmi špatně vytříděný	mělký úsek, přetok mezi dvěma tůňemi	N
	7	-5,5	1,32	špatně vytříděný	proximální část centrální lavičky	N
	8	-5,7	0,83	slabě vytříděný	distální část centrální lavičky	N
	9	-6,2	1,78	špatně vytříděný	brod, mělký úsek	N
	10	-2,7	2,22	velmi špatně vytříděný	před LWD	N
	11	0,7	1,08	špatně vytříděný	před LWD, korytko mezi centrální lavičkou a ostrovem	N
	12	-5,8	1,22	špatně vytříděný	mělký brodový úsek	N
	13	-2,0	1,86	špatně vytříděný	ostrov s LWD akumulací, nižší poloha blíže vody	A
	14	0,5	0,99	slabě vytříděný	ostrov, poloha výše nad vodou	A
Segment 2	1	-1,7	1,86	špatně vytříděný	nad LWD stupněm	N
	2	-5,6	1,27	špatně vytříděný	střed koryta	N
	3	0,8	0,69	středně vytříděný	okraj koryta, nad LWD akumulací	A
	4	-5,9	1,21	špatně vytříděný	za LWD akumulací	A
	5	-5,8	1,57	špatně vytříděný	pod LWD stupněm	A
	6	-3,9	2,01	velmi špatně vytříděný	tůň před akumulací	N
	7	0,5	0,59	středně vytříděný	méně výrazná tůň pod akumulací	N
	8	0,0	1,51	špatně vytříděný	střed koryta, nad akumulací	N
	9	-4,7	2,11	velmi špatně vytříděný	střed koryta, nad akumulací	N
	10	-1,4	1,86	špatně vytříděný	lavička pod akumulací	N
	11	-1,2	2,13	velmi špatně vytříděný	tůň před akumulací	A
	12	-5,8	1,06	špatně vytříděný	rovný úsek před akumulací	N
	13	-2,3	2,01	velmi špatně vytříděný	tůň za akumulací	A
14	-6,8	0,84	slabě vytříděný	tůň pod stupněm	A	
15	-0,9	1,29	špatně vytříděný	tůň před akumulací, proudnice	N	
16	0,6	1,17	špatně vytříděný	koryto	N	
17	-6,0	0,95	slabě vytříděný	lavička, pokračování ostrova za velkou akumulací	N	

Tab. 1: Základní sedimentologické charakteristiky dnových splavenin (průměrná velikost zrna, vytřídění), jejich vazba na dnové formy a rozmístění říčního dřeva ve dvou segmentech koryta Černé Opavy. Písmeno A v posledním sloupci tabulky znamená, že vzorek byl odebrán z formy ovlivněné dřevem, písmeno N, že vzorek dřevem ovlivněn nebyl.

Tab. 1: Basic sedimentological characteristics of bed-load (mean grain size, sorting) and its relation to channel bed forms and distribution of woody debris in two reaches of the Černá Opava River. Letter A in the last column of the table means that the sample was collected from the site influenced by woody debris, letter N means that sample was not influenced by wood.

Z grafu na obr. 5 jsou patrné rozdíly ve stupni vytrídění mezi jednotlivými zrnitostními frakcemi. Nejnížší stupeň vytrídění byl zaznamenán u frakcí drobný štěrka a hrubozrný písek, míra vytrídění se zvyšuje směrem k hrubším i jemnozrnějším frakcím. Tento průběh je podobný u obou zájmových segmentů koryta. Pokud budeme hledat vztah vytrídění ke korytovým formám, tak špatně a velmi špatně vytríděné vzorky byly ve 14 případech odebrány z míst s plochým dnem, v 7 případech z tůní a ve 4 případech z lavic. Slabě a středně vytríděné vzorky byly ve 3 případech odebrány z tůní a ve 3 případech z lavic. Rozdíl se projevuje nejen mezi korytovými formami, ale i v rámci individuálních forem; např. u lavice L1 v segmentu 1 je v její proximální části $\sigma_1 = 1,32 \Phi$, v distální části $\sigma_1 = 0,83 \Phi$. Pokud budeme sledovat vztah vytrídění k říčnímu dřevu, tak špatně a velmi špatně vytríděné vzorky pocházely v 9 případech z míst ovlivněných dřevem, v 16 případech z míst neovlivněných dřevem. U slabě a středně vytríděných vzorků pocházely 2 vzorky z míst dřevem ovlivněných a 4 z míst neovlivněných. Průměrná hodnota vytrídění se odlišuje u vzorků ovlivněných dřevem ($\sigma_1 = 1,6 \Phi$) a vzorků neovlivněných ($\sigma_1 = 1,4 \Phi$); podobně jako u průměrné zrnitosti však není rozdíl statisticky významný. Průměrná velikost zrna, stupeň vytrídění, vztah ke korytovým formám a říčnímu dřevu jsou uvedeny pro jednotlivé vzorky v tab. 1.

Diskuze a závěr

Ze studia morfologických účinků říčního dřeva v korytě Černé Opavy vyplývá, že dřevo má převážně bioerozivní a v menší míře i bioprotektivní účinek. Přímý erozní účinek se projevuje vznikem tůní pod kládovými stupni, eventuálně tvorbou méně výrazných tůní před dřevními akumulacemi. Nepřímý erozní účinek vyplývá ze zúžení průtočného profilu a stabilizace břehů živými stromy nebo říčním dřevem, což vede k lokální akceleraci hloubkové eroze a formování tůní. Bioprotektivní účinek se projevuje depozicí jemnozrnějších sedimentů za překážkami tvořenými individuálními kusy dřeva nebo v chráněných místech mezi dřevními akumulacemi. Samotný vznik větvení Černé Opavy, které se vytvořilo během povodně v roce 1997, byl do značné míry ovlivněn přítomností lesa rostoucího na údolním dně. Při povodni nastal odtok nivou a poloha nově vytvořených koryt byla mimo jiné determinována rozmístěním stromů v porostu. Povodní vyvrácené stromy pak následně ovlivnily charakter proudění a lokalizaci erozně-akumulačních procesů. Při povodních rovněž dochází k plavení menších kusů dřeva a jejich sdružování do dřevních akumulací, které mají následně velký formativní vliv na morfologii koryta.

Z prostého porovnání průměrných hodnot M_z a σ_1 dnových splavenin na korytových formách ovlivněných a neovlivněných říčním dřevem vyplývá, že místa s působením dřeva mají jemnozrnější a lépe vytríděné sedimenty. Rozdíl mezi průměry je však u obou charakteristik statisticky nevýznamný. To však lze alespoň částečně přičítat skutečnosti, že dřevo podmiňuje vznik jak erozních (tůně), tak akumulačních (lavice) forem, na kterých probíhá proces zrnitostní diferenciaci sedi-

mentů ve značně odlišných hydraulických podmínkách. Pro separátní posouzení erozních a akumulačních forem generovaných přítomností dřeva, případně pro porovnání identických forem ovlivněných a neovlivněných dřevem, se však nepodařilo získat dostatečně velký datový soubor. Litofacie s jemnozrnými sedimenty se nacházejí převážně ve vyšších částech koryta, nad úrovní hladiny průměrného ročního průtoku, z čehož vyplývá, že říční dřevo se uplatňuje při zachytávání jemnozrného materiálu spíše za vyšších vodních stavů (při povodních). Významným efektem dřeva je zvýšení morfologické pestrosti koryta, které má rovněž odraz ve větším prostorovém rozrůznění zrnitosti dnových splavenin. V segmentu 2 byla nad kládovým stupněm zjištěna průměrná velikost zrna 3 mm, pod stupněm pak 57 mm (vzdálenost odběru vzorků 2 m). Podobně v tůni nad dřevní akumulací byla průměrná zrnitost 2 mm, v tůni pod akumulací ale 111 mm (vzdálenost odběru vzorků 15 m). Pro srovnání v blízké tůni bez přímého vlivu dřeva byla zaznamenána průměrná velikost zrna 32 mm. Z výše uvedeného je zřejmé, že dřevo podporuje retenci jemnozrného materiálu na straně proti proudu a akceleruje erozi a hrubnutí sedimentů na straně po proudu. Srovnání zrnitostních křivek vybraných vzorků ovlivněných a neovlivněných působením říčního dřeva je prezentováno na obr. 6.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu reg. č. 205/08/0926 „Environmentální význam mrtvého dřeva v říčních ekosystémech“ financovaného GA ČR.

Literatura

- Beschta, R. L. (1979): Debris removal and its effects on sedimentation in an Oregon Coast Range stream. – *Northwest Science*, 53, 1, 71–77.
- Brooks, A. P. – Brierley, G. J. – Millar, R. G. (2003): The long-term control of vegetation and woody debris on channel and flood-plain evolution: insights from a paired catchment study in southeastern Australia. – *Geomorphology*, 51, 7–29.
- Bunte, K. – Abt, S. R. (2001): Sampling surface and subsurface particle-distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring. – *USDA Forest Service General Technical Report, RMRS-GTR-74*, pp. 428.
- Folk, R. L. – Ward, W. C. (1957): Brazos river bar – a study in the significance of grain size parameters. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 1, 3–26.
- Gregory, S. – Boyer, K. – Gurnell, A. (eds.) (2003): The ecology and management of wood in world rivers. 1–431, *American Fisheries Society, Bethesda*.
- Grešková, A. (2005): Zvyšky dreva v korytách riek: interakcie s korytovou morfológiou a fluviaálnymi procesmi. – *Geomorfologia Slovaca*, 5, 21–33.
- Kail, J. (2003): Influence of large woody debris on the morphology of six central European streams. – *Geomorphology*, 51, 207–223.
- Keller, E. A. – Swanson, F. J. (1978): Effects of large organic material on channel form and fluvial processes. – *Earth Surface Processes*, 4, 361–380.
- Máčka, Z. – Krejčí, L. (2010): Výskyt dřevní hmoty v korytech vodních toků České republiky. – *Vodní hospodářství*, 1, 36–39. (v tisku)
- Ponciová, R. (2003): Geomorfologická analýza řeky Černá Opava v CHKO Jeseníky. 1–73, MS, diplomová práce, katedra ekologie, PřF UP Olomouc.
- Powell, D. M. (1998): Patterns and processes of sediment sorting in gravel-bed rivers. – *Progress in Physical Geography*, 22, 1, 1–32.
- Řehánek, T. (2002): Povodeň na řece Odře v červenci 1997. – *Práce a studie ČHMÚ*, 31, 1, 1–41.
- Swanson, F. J. – Lienkamper, G. W. – Sedell, J. R. (1976): History, physical effects, and management implications of large organic debris in western Oregon streams. – *USDA Forest Service General Technical Report, PNW-56*, 1–15.
- Šaňková, B. (2009): Vegetace údolních niv ve vztahu k fluviaálním procesům a tvarům vybraných řek Hrubého a Nížkého Jeseníku. – MS, dizertační práce, Geografický ústav PřF MU, 114 str. Brno.
- Wistuba, M. (2009): Effects of small floods on river channel in the forested mid-mountain area. – *Czech Association of Geomorphologists Assembly in Kašperské Hory, University of Silesia, Earth Sciences Faculty, Sosnowiec, Poland, Poster*.