

Vliv říčního dřeva na morfologické a sedimentologické parametry koryta na příkladu meandrujícího toku Odry

Effect of instream wood on channel morphology and sedimentology: an example of the meandering Odra River

Václav Gurkovský✉, Tomáš Galia

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava-Slezská Ostrava

Key words:

instream wood, channel morphology, sediments, organic matter, the Odra River

✉ vaclav.gurkovsky@gmail.com

Editor:

Martin Ivanov

Abstract

Instream wood is a natural phenomenon that significantly influences a function of the fluvial system in forested river basins and represents a natural part of this system. However, the majority of these relations between instream wood and fluvial ecosystems were investigated in mountain streams or gravel-bed rivers and we are lacking field data from lowland meandering rivers. This study deals with the complex assessment of instream wood on morphology and sediment parameters including the content of organic material at spatially detailed scale of the selected bend of the Odra River. Within the site of interest (66.5 river km), 12 instream wood pieces were identified (length ≥ 1 m, diameter ≥ 10 cm). Their presence significantly affected river morphology, when they were the main initiator of pool formation. In total, 28 samples of surface bed sediments were collected from the thalweg, bars and lateral pool. In laboratory, samples were subjected to grain size analysis (sieving method) and loss on ignition (LOI) to obtain content of organic matter. The majority of bed sediment samples were coarse grained and these samples were located in the thalweg. The main component of these samples is gravel, often supplemented with admixtures of finer fractions. The analysis of data did not show the effect of instream wood on the deposition of organic matter in bed sediments. One of the reasons may be the presence of coarse grained material which generally contains a small amount of organic matter.

Úvod

Výsledky bezmála padesátiletého výzkumu zaměřeného na dřevní hmotu v říčních korytech nám poskytují základní informace o tom, jak se dřevo do vodního toku dostává (Piégay et al. 1999), jak je v něm transportováno (Curran 2010), jak může dřevo ovlivňovat hydrauliku (Curran, Wohl 2003), korytovou morfologii (Kail 2003; Magilligan et al. 2008), ale také sedimentologické parametry (Máčka, Krejčí 2010a; Osei et al. 2015), množství organické hmoty v sedimentech (Bilby, Ward 1991; Daniels 2006; Wohl, Scott 2017) či diverzitu organismů vázaných na vodní nebo břehové prostředí (Fausch, Northcote 1992). Ačkoli se můžeme opřít o dostatek relevantních zdrojů, stále se objevují mezery především ve schopnosti kvantitativně předpovídat vzájemné působení mezi dřevní hmotou a směrem proudění, chodem sedimentů nebo vodní biotou (Wohl 2017). Vůbec nejvíce probíraným tématem je vliv říčního dřeva na morfologii vodních toků především v horském prostředí a jeho předpolí, podstatně méně popsaná je pak funkce tohoto přírodního fenoménu v meandrujících tocích. Jak již bylo zmíněno, říční dřevo ovlivňuje širokou škálu parametrů a charakteristik vodního toku. Na základě dřívějších studií Greškové z let 2005 a 2007, rozdělili

Doporučená citace článku:

Gurkovský, V., Galia, T. (2019). Vliv říčního dřeva na morfologické a sedimentologické parametry koryta na příkladu meandrujícího toku Odry. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 26,1–2, 34–39.

DOI: <https://doi.org/10.5817/GVMS2019-1-2-34>

Máčka a Krejčí (2010b) ovlivněné aspekty do čtyř hlavních kategorií: a) hydraulika a hydrologie, kde říční dřevo vytváří nerovnosti a funguje jako drsnostní prvek v korytě, klade odpor a ovlivňuje směr proudění; b) morfologie, kdy říční dřevo ovlivňuje rychlost a intenzitu hloubkové a břehové eroze, má vliv na stabilitu břehů a na tvar příčného i podélného profilu, iniciuje tvorbu výmolů a náplavů; c) látkově-materiální bilance, kde v tomto smyslu říční dřevo zpomaluje chod dnových splavenin, zachytává drobný organický materiál a uvolňuje živiny; d) biologie, kdy díky říčnímu dřevu je zvýšená pestrost vodních biotopů a také druhová diverzita vodních organismů, říční dřevo vytváří proudové stíny a refugia pro ryby. V tocích s nižším sklonem může dřevo snížit nebo zvýšit stabilitu říčních břehů, nebo dát impuls k vzniku centrálních lavic a krátkých divočících úseků. Dřevo ve vodním toku může taktéž způsobit vznik povodňových koryt či vyvolat odškrvení meandru (Máčka, Krejčí 2010a).

Cílem této studie je komplexně zhodnotit vliv říčního dřeva na morfologii a parametry sedimentů, včetně obsahu organické hmoty, v jednom ze zákrutů řeky Odry. Výskyt říčního dřeva obecně zvyšuje heterogenitu prostředí, avšak tato problematika nebyla dosud uspokojivě ověřena na úrovni nížinných meandrujících toků. Předpokládali jsme, že stejně jako u koryt s vyšším gradientem bude mít říční dřevo vliv na jeho morfologické a sedimentologické parametry. Dále jsme chtěli ověřit, že v místech výskytu říčního dřeva budou pozorovány hodnoty s vyšším obsahem hrubé a jemné partikulované organické hmoty, což bylo dříve deklarováno v případě nížinného meandrujícího toku o malé ploše povodí ~50 km² (Daniels 2006) a rovněž nížinného potoka s variabilním podílem šterkové frakce (Osei et al. 2015).

Zájemový říční úsek

Zkoumaný úsek řeky Odry se nachází na katastrálním území obce Suchdol nad Odrou v Moravskoslezském kraji. Jde o meandrující úsek na říčním km 66,5 (GPS koordináty: N 49,64568 E 17,95851) (obr. 1) s příspěvkovou plochou povodí 587 km². Úsek se nachází uvnitř CHKO Poodří a spadá pod správu Povodí Odry. Průměrný

dlouhodobý průtok na stanici Bartošovice (říční km 50,4) je 6,75 m³/s. Z geologického hlediska leží studovaná lokalita na rozhraní dvou primárních geologických celků ČR a to Českého masivu a Vnějších Západních Karpat. Fundament tohoto území je terciérního založení, nicméně povrch je překryt kvarténními sedimenty (sprašové hlíny, glacifluviální a fluviální sedimenty). Na některých místech se vyskytují také glacigenní a glacialakustrinní sedimenty (Czudek 2001). Geomorfologicky náleží studovaný úsek do oblasti Západních Vněkarpatských sníženin, celku Moravské brány a podcelku Oderské brány (Demek, Mackovčín 2006). Dominantním morfologickým tvarem je samotné koryto řeky Odry, které si i přes lokální úpravy (obvykle pouze v blízkosti mostů) zachovalo charakter přirozeného nížinného toku. Točivost přilehlého úseku ke zkoumané lokalitě lze charakterizovat poměrně vysokou sinusoidou 1,9 odpovídající dobře vyvinutému meandrujícímu říčnímu vzoru. Ve sledovaném úseku se aktivní meandrování projevuje tvorbou břehových nátrží v nekonsolidovaných sedimentech nárazových břehů spojených s dodávkou říčního dřeva do toku. Šířka plného koryta se pohybuje v rozmezí 10–20 metrů v závislosti na poloze příčného profilu, kdy nižší hodnoty šířky jsou vázány především na přímé úseky mezi jednotlivými meandry. Hloubka plného koryta je opět značně variabilní vzhledem k výskytu relativně pravidelné sekvence brodů a tůní, kdy v rámci tůní může dosahovat až 3–4 metrů.

Metody

Terénní práce probíhaly ve dvou etapách, v červenci a říjnu roku 2017. V období mezi těmito měsíci nebyly zaznamenány žádné zvýšené průtoky, které by ovlivnily korytovou morfologii. Prvním krokem bylo geodetické zaměření lokality pomocí totální stanice Topcon GTS-233N. Zaměřena byla morfologie koryta a poloha jednotlivých kusů říčního dřeva. Byly zaznamenávány pouze velké kusy dřevní hmoty o délce ≥ 1 m a průměru kmene ≥ 10 cm (tzv. *LW*, z angl. *large wood*). U říčního dřeva byly zaznamenány jeho následující parametry: délka, tloušťka na jeho obou koncích a přítomnost kořenového balu. Délka byla měřena s použitím svinovacího metru s přesností



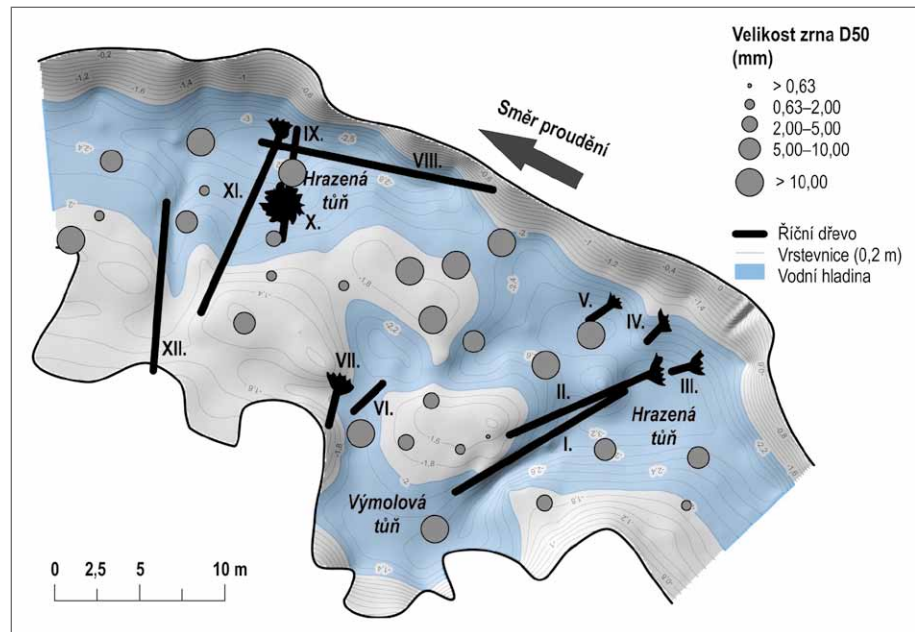
Obr. 1: Panoramatický snímek zájemové oblasti (v levé části snímku lze vidět zmiňovanou boční tůň, v pravé části například vývrát po viditelném antropogenním zásahu).

Fig. 1: Panoramic view of the area of interest (in the left part of photo a lateral pool is located, in the right part for example a wood is present with visible anthropogenic intervention).

± 10 cm, šířka s přesností ± 1 cm. Přesnost měření byla ovlivněna především polohou říčního dřeva, některé kusy byly jedním koncem ponořeny ve vodě nebo zasidmetovány, nicméně byla snaha měřit s co největší přesností. Následujícím krokem v terénu byl odběr korytových sedimentů. Vzorky byly odebírány z různých míst v rámci celého koryta s přítomností i nepřítomností struktur říčního dřeva. Pozice odběrů byly taktéž zaměřeny totální stanicí.

Z bodové sítě získané geodetickým měřením (hustota 0,4 bodů na 1 m²) byl v programu ArcGIS vytvořen hrubý výškový model říčního dna a břehů pomocí prostorové interpolace metodou „topo to raster“ s velikostí buňky 0,1 m. Aby byly tyto biologické struktury v mapových výstupech lépe identifikovatelné, byly jejich symbolické náčrtky dotvořeny v programu Inkscape. Z naměřených parametrů říčního dřeva byl vypočítán jeho objem. Tento výpočet probíhá aproximací kusu říčního dřeva na objekt komolého kuželu, podle vztahu: $V = 1/3 \pi h (R^2 + R*r + r^2)$, kde h značí výšku, R poloměr spodní podstavy, r poloměr horní podstavy.

V laboratoři granulometrie a sedimentologie na KFG OSU byly odebrané korytové sedimenty podrobeny postupně procesu sušení, síťování a žihání. Granulometrická analýza proběhla na granulometrické sestavě FRITSCH, kde byly vzorky podrobeny mokrému (doba prosevu 7 minut, amplituda rozkyvu 2 mm) a následně i suchému síťování (doba prosevu 1 minuta, amplituda rozkyvu 1 mm). U analyzovaných sedimentů byl v programu Gradistat (Blott, Pye 2001) vypočítán koeficient vytřídění $[\sigma]$ a průměrná velikost zrna $[M_z]$ (Folk, Ward 1957) v jednotkách phi $[\Phi]$. Pro koeficient vytřídění uvádíme rovněž šestistupňovou kvalitativní stupnici dle Folka a Warda (1957). Dalším sledovaným parametrem analyzovaných sedimentů bylo stanovení množství organické hmoty. Procentuální obsah organické hmoty ve vzorku se vypočte podle vztahu $m = ((m_1 - m_2)/m_1) * 100$, kde m_1 odpovídá hmotnosti před žiháním a m_2 hmotnosti po žihání. Vzorky byly při žihání vystaveny teplotě 550 °C. Byla provedena korelace mezi průměrnou velikostí zrna M_z a množstvím organické hmoty. Vzhledem k odlehlosti hodnot byl použit Spearmanův korelační koeficient, který představuje neparametrickou metodu, která při výpočtu využívá pořadí sledovaných veličin a nevyžaduje tedy normalitu dat.



Obr. 2: Vizualizace znázorňující prostorové rozložení D50 (zrnatost říčních sedimentů) v zájmové oblasti, poznámka: (vodní hladina při $Q = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, arabská čísla označují identifikátory vzorků, římská čísla identifikátory jednotlivých kusů říčního dřeva).

Fig. 2: Visualization showing spatial distribution D50 (granularity of sedimentary grains) in the area of interest, note: (water level at $Q = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$, the arabic numbers indicate sample ID, the roman numbers indicate in-stream wood ID).

Výsledky

V zájmové oblasti bylo identifikováno 12 kusů říčního dřeva (viz římská čísla I–XII na obrázku 2). Přítomné byly jak celé vyvrácené kmeny (I, II, VIII, XI a XII), tak i pařezy po viditelném úřezu motorovou pilou, kořenový bal byl ovšem zachován (III, IV, V, VII a X). Topografie dna prokazuje, že říční dřevo výrazně ovlivňuje jeho morfologii. Říční dřevo se zachovaným kořenovým balem (II, III, X a XI) lze v zájmové lokalitě považovat za iniciátory tvorby dvou hrazených tůň. Jako velmi výrazný drsnostní prvek se ukázaly být vývraty dvou kusů říčního dřeva nacházející se nejvýše po proudu (I a II). Tyto vývraty způsobily pro proud vodního toku překážku, což zapříčinilo vychýlení proudnice a vytvoření výmolové boční tůně (obr. 2). Ta je však průtočná pouze za vyšších vodních stavů. Všechny tyto tři tůně tvořily cca 50% plochu aktivního koryta studovaného úseku, což poukazuje na jasný vliv dřevní hmoty na tvorbu zón pomalého proudění v předmětném úseku. V boční tůni byly lokalizovány také dva kusy říčního dřeva, z nichž jeden měl zachovaný kořenový bal (VI a VII). Vzhledem k jeho poloze a částečnému překrytí povodňovým materiálem se lze domnívat, že jde o alochtonní kus a byl tedy připlaven řekou z výše položených míst v povodí.

Průměrná velikost zrna, stupeň vytřídění a popis vytřídění jsou uvedeny v tabulce 1. Průměrná zrnatost $[M_z]$ odebraných vzorků se pohybovala od $-3,446$ do $5,034 \Phi$ (0,03–10,9 mm; hrubý prach až středně hrubý štěrk). Hlavní složkou vzorků je štěrk, ve velké většině doplněn o příměsi jemných frakcí (kal). Dalším sledovaným parametrem u jednotlivých vzorků byl stupeň vytřídění $[\sigma]$. Hodnoty vytřídění se pohybují v rozmezí od 0,088

Tab. 1: Základní sedimentologické charakteristiky odebraných korytových sedimentů a informace o obsahu organické hmoty (σI – vytríděnost, M_z – průměrná velikost zrna).
 Tab. 1: Basic sedimentological characteristics of sampled bed sediments and information on organic matter content (σI – sorting, M_z – mean grain size).

Označení vzorku v mapě	Průměrná velikost zrna M_z [Φ]	Vytríděnost σI	Popis vytríděnosti	Obsah organické hmoty [%]
1	-1,29	2,76	špatně	0,43
2	2,17	4,08	velmi špatně	0,42
3	-1,19	2,35	špatně	0,42
4	-1,23	2,42	špatně	0,34
5	-1,65	2,18	špatně	0,44
6	-2,24	2,03	špatně	0,39
7	-2,55	1,61	slabě	0,37
8	-2,96	1,02	slabě	0,52
9	-0,09	0,82	středně	0,48
10	-2,21	1,61	slabě	0,39
11	-0,59	2,65	špatně	0,41
12	-1,93	2,09	špatně	0,37
13	0,38	1,77	slabě	1,45
14	-2,58	1,57	slabě	0,41
15	5,03	5,07	velmi špatně	0,97
16	-2,07	2,39	špatně	0,29
17	-1,14	4,10	velmi špatně	1,03
18	-2,15	2,03	špatně	0,34
19	-0,82	4,09	velmi špatně	0,48
20	-0,58	1,67	slabě	1,83
21	-2,15	2,65	špatně	0,51
22	-2,85	1,56	slabě	0,49
23	-3,45	0,09	velmi dobře	0,44
24	-2,84	2,39	špatně	0,47
25	-1,31	2,81	špatně	0,44
26	-2,18	1,78	slabě	0,4
27	-1,4	3,79	špatně	0,46
28	-0,23	3,56	špatně	0,45

do 5,071. Převažují sedimenty špatně a velmi špatně vytríděné (18 vzorků) nad sedimenty slabě a středně vytríděnými (9 vzorků). Z odebraných 28 vzorků byl pouze jeden klasifikován jako velmi dobře vytríděný (vzorek č. 23, $\sigma I = 0,088$). Tento vzorek je zároveň nejhrubším vzorkem a nacházel se v peřejnatém úseku vodního toku, kde došlo k zúžení průtočného profilu. Pro zjednodušení prostorové vizualizace byly stanoveny velikostní třídy, dle kterých byly definovány mediány zrnitosti (D50) pro jednotlivé vzorky. Z této vizualizace (obr. 2) vyplývá, že odebrané vzorky sedimentů byly převážně hrubozrnného rázu. Z prostého porovnání hodnot D50 vyplývá, že hrubozrnnější frakce byly ukládány převážně v proudnici vodního toku a na přilehlých akumulacích formách, které bývají za vyššího vodního stavu pod hladinou. Podstatně jemnější sedimenty byly uloženy ve vyšších polohách akumulacích forem, hlavně na ostrůvku za prvními vývraty říčního dřeva (I a II).

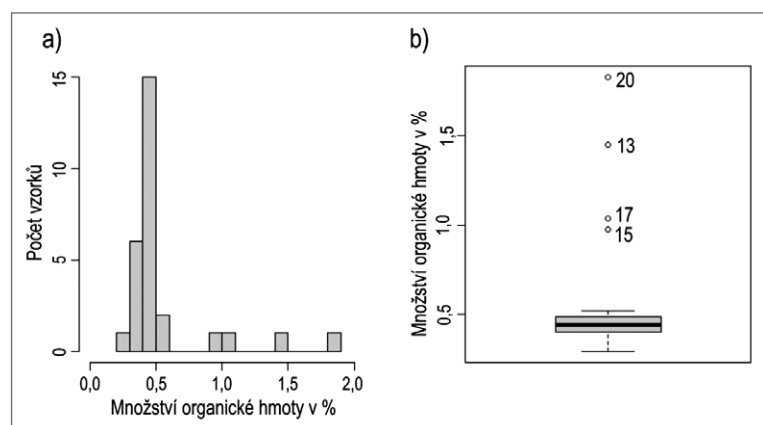
V odebraných korytových sedimentech se množství organické hmoty

pohybovalo v rozmezí 0,29–1,83%. Rozdělení četností vzorků podle obsahu organické hmoty vystihuje histogram (obr. 3a) z kterého vyplývá, že vyjma čtyř vzorků jsou hodnoty obsahu organické hmoty velmi obdobné. U vzorků s vysokou hodnotou (tj. vzorky 13, 15, 17 a 20, viz obr. 3b) mohl být součástí žíhaného materiálu organický opad (např. zbytky listů z okolních porostů) rozkládající se v boční tůni. Zajímavostí však je, že vzorek s vůbec nejnižším obsahem organické hmoty pochází také právě z boční tůně. Nicméně v rámci tůně jde o stále velmi malý rozdíl (0,74%). Na závěr byla hledána potenciální korelace mezi zrnitostí [M_z] a množstvím organické hmoty. Výsledná hodnota koeficientu $r_{sp} = 0,30$ značí střední závislost, ovšem korelace není signifikantní ($p = 0,125$).

Diskuze a závěr

Ze studia účinků říčního dřeva v zájmové oblasti vyplývá několik základních poznatků. Říční dřevo má zřetelný vliv na korytovou morfologii v zájmové oblasti. Jedná se především o erozní vliv, který se projevuje vznikem tůní pod vývraty jednotlivých kmenů v korytě, podobný efekt prezentuje i Kail (2003).

Ten připisuje vznik tůně už jedinému padlému kmenu. Dalším sledovaným jevem byl vznik boční tůně, v důsledku vychýlení proudnice vodního toku. Pokud zmiňujeme erozní vliv říčního dřeva, je na místě prezentovat také



Obr. 3: Rozložení četností vzorků podle množství organické hmoty ve formě a) histogramu, b) krabicového grafu, poznámka: (v krabicovém grafu jsou uvedeny všechny vzorky, odlehle hodnoty představují vzorky s vyšším obsahem organického materiálu).

Fig. 3: Distribution of sample frequencies according to the amount of organic matter in the form of a) histogram, b) boxplot, note: (all samples are shown in a boxplot, outliers are samples with higher organic material content).

myšlenku o protierozním vlivu. Ta tkví v protektivní funkci kmenu VIII, který se nachází u nárazového břehu a svou polohou tak může oddálit erozi konkávního břehu. Z obrázku 2 vyplývá, že nebyl prokázán jasný vztah mezi výskytem říčního dřeva a zrnitostí sedimentů, kdy i v tůních predisponovaných říčním dřevem se nacházel poměrně hrubý sediment. Je však možno se domnívat, že za kusy říčního dřeva I a II dochází k tvorbě proudového stínu za vyšších průtoků, což může podporovat sedimentaci jemnějších frakcí na ostrůvku mezi boční tůní a těmito kusy dřeva.

Očekávali jsme, že se nám povede formulovat závěr ohledně vztahu mezi průměrnou velikostí zrna a obsahem organické hmoty. Mezi těmito hodnotami sice byla sledována střední závislost, nicméně výsledek korelace není statisticky průkazný. Důvodem může být téměř homogenní obsah organického materiálu v sedimentech. Říční dřevo je označováno jako důležitý prvek při zadržování organické hmoty v korytových sedimentech (Bilby, Ward 1991; Daniels 2006; Wohl, Scott 2017). V meandrujícím toku s menšími rozměry koryta (9 m šířka a 1,5 m hloubka plného koryta) se nejvyšší hodnoty obsahu organické hmoty (až do 30 % podílu objemu na celkovém objemu sedimentů) vyskytovaly v těsné blízkosti struktur říčního dřeva a po jejich odstranění byl zaznamenán rapidní pokles retence organické partikulované hmoty v korytě (Daniels 2006). V naší zájmové lokalitě se přímý vztah mezi retencí partikulované organické hmoty a výskytem

říčního dřeva nepodařilo vysledovat, jelikož hodnoty obsahu organické hmoty byly variabilní napříč celým korytem. Jednalo se tak o lokální odchylky, kdy při odběru a následném žihání mohli být součástí vzorku např. zbytky listového opadu nebo jiný úlomek vegetace. Jedním z faktorů ovlivňující variabilitu těchto hodnot může být doba, po jakou je říční dřevo činné v korytě, tedy v jaké fázi rozkladu se dřevo nachází a po jakou dobu je v toku stabilním prvkem. Zde se domníváme (na základě studia archivních ortofoto snímků od ČÚZK), že se stromy vyvrátily do koryta během povodňové události v roce 2010. V druhém případě může hrát roli zrnitost substrátu. V lokalitě se nachází převážně hrubozrnný substrát, což nepředstavuje ideální matici k zachycení partikulované organické hmoty vzhledem k aerobnímu prostředí. Tuto druhou hypotézu podporují předchozí výzkumy vlivu nápečů říčního dřeva na ukládání partikulované organické hmoty v závislosti na zrnitosti korytových sedimentů, kdy byl zjištěn signifikantně nižší obsah organické hmoty u úseku nížinného potoka s převažujícím šterkovým substrátem v porovnání s úseky s dominantními jemnějšími frakcemi (Osei et al. 2015).

Poděkování

Autoři děkují recenzentům Pavlu Roštínskému a Zdeňku Máčkovi za jejich cenné připomínky, které pomohly zkvalitnit výsledný text. Studie byla podpořena interním grantem Ostravské univerzity (SGS02/PřF/2019-2020).

Literatura

- Bilby, R. E., Ward, J. W. (1991). Characteristics and function of large woody debris in streams draining old-growth, clear-cut, and second-growth forests in Southwestern Washington. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48, 2499–2508. <https://doi.org/10.1139/f91-291>
- Blott, S. J., Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. – *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1237–1248.
- Curran, J. H., Wohl, E. E. (2003). Large woody debris and flow resistance in step-pool channels, Cascade Range, Washington. – *Geomorphology*, 1-3, 51, 141–157. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00333-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00333-1)
- Curran, J. C. (2010). Mobility of large woody debris (LWD) jams in a low gradient channel. – *Geomorphology*, 116, 320–329. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.11.027>
- Czudek, T. (2001). Geomorfologický vývoj Oderské brány a Vítkovské vrchoviny. – In: Prášek, J. (ed.): Současný stav geomorfologických výzkumů. Sborník referátů z mezinárodního semináře konaného ve dnech 5.-7. dubna 2001. v Kružberku. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. 141 s. ISBN 80-7042-801-5
- Daniels, M. D. (2006). Distribution and dynamics of large woody debris and organic matter in a low-energy meandering stream. – *Geomorphology*, 3-4, 77, 286–298. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.01.011>
- Demek, J., Mackovčín, P. (2006). Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 582 s.
- Fausch, K. D., Northcote, T. G. (1992). Large Woody Debris and Salmonid Habitat in a Small Coastal British Columbia Stream. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4, 49, 682–693. <https://doi.org/10.1139/f92-077>
- Folk, R. L., Ward, W. C. (1957). Brazos river bar significance grain size parameters. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3–26. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Grešková, A. (2005). Zvyšky dreva v korytách riek: interakcie s korytovou morfológiou a fluvialnými procesmi. – *Geomorfológia Slovaca*, 5, 1, 21–33.
- Grešková, A. (2007). Využitie akumulácií zvyškov dreva (Large Woody Debris) při revitalizácii riečnych koryt. – In: Herber, V.: Fyzikogeografický sborník. Masarykova univerzita, Brno, 105–110.
- Kail, J. (2003). Influence of large woody debris on the morphology of six central European streams. – *Geomorphology*, 51, 207–223. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00337-9](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00337-9)
- Máčka, Z., Krejčí, L. (2010a). Morfologické a sedimentologické účinky říčního dřeva v korytě Černé Opavy. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 17, 69–75.
- Máčka, Z., Krejčí, L. (2010b). Výskyt dřevní hmoty v korytech vodních toků České republiky. – *Vodní hospodářství*, 2, 60, 33–35.
- Magilligan, F. J., Nislow, K. H., Fisher, G. B., Wright, J., Mackey, G., Laser, M. (2008). The geomorphic function and characteristics of large woody debris in low gradient rivers, coastal Maine, USA. – *Geomorphology*, 3-4, 97, 467–482. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.016>
- Osei, N. A., Gurnell, A. M., Harvey, G. L. (2015). The role of large wood in retaining fine sediment, organic matter and plant propagules in a small, single-thread forest river. – *Geomorphology*, 235, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.01.031>
- Piégay, H., Thévenet, A., Citterio, A. (1999). Input, storage and distribution of large woody debris along a mountain river continuum, the Drôme River, France. – *CATENA*, 1, 35, 19–39.
- Wohl, E. (2017). Bridging the gaps: An overview of wood across time and space in diverse rivers. – *Geomorphology*, 279, 3–26. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.04.014>
- Wohl, E., Scott, D. N. (2017). Wood and sediment storage and dynamics in river corridors. – *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 5–23.