

STABILIZACE BŘEHŮ ZA ÚČELEM MINIMALIZACE ZTRÁT LESNÍ PŮDY: odborné sdělení

BANK STABILIZATION AIMED AT MINIMIZING LOSS OF FORESTED LAND: short communication

MILOSLAV ŠLEZINGR ✉ - PETR PELIKÁN

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, CZ - 613 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: slezingr@node.mendelu.cz

ABSTRACT

The bank stabilization has received much attention lately. Bank damage caused by reduction has appeared in nearly all world reservoirs. However, bank stabilization is mostly seen as a solution and implemented only when bank damage occurs. In this case, there is a unified scheme used, which means that a stone bank-toe is constructed and the (eroded) bank sloping is restored in place of the erosion wall. The article aims to introduce the possibility of active stabilization, and presents an alternative solution that lies in the use of breakwaters. Methods and results are presented on the example of the Brno reservoir (Czech Republic), however the process of abrasion has been monitored in a number of another water reservoirs, e.g. Liptovská Mara, Vranov, Bílovec (ÚRADNÍČEK, ŠLEZINGR, 2007). The Brno reservoir was chosen as a demonstration object, because in the Czech Republic it is one of the most affected by abrasion. Moreover, shoreline retreat can be monitored very well and constantly there.

Klíčová slova: břehy, lesní porosty, stabilizace, abraze, voda, nádrže

Key words: banks, forest stands, stabilization, abrasion, water, reservoirs

ÚVOD

Řada údolních nádrží je navrhována v lokalitách, jejichž břehy jsou lemovány lesními porosty. Po vybudování přehradní hráze se hladina v nádrži ustálí na úrovni, které by za „normálního“ stavu vývoje říčního koryta nikdy nedosáhla (obr. 1). I když před napuštěním nádrže dojde k odlesnění, v rámci těžby v budoucí zátopě jsou mnohdy odstraněny i pařezy. Nad úroveň budoucí hladiny však mnohdy ani lesníci, ani správce toku neprovedou potřebné úpravy. Zde je vhodné odstranit porosty ve vzdálenosti 5–10 m, měřeno po svahu tvořícím budoucí břeh nádrže (ŠLEZINGR 2003; GALAS, KRÓL 2008), a též zabezpečit nové břehy proti abrazi. Touto problematikou se zabývá předkládaný příspěvek.

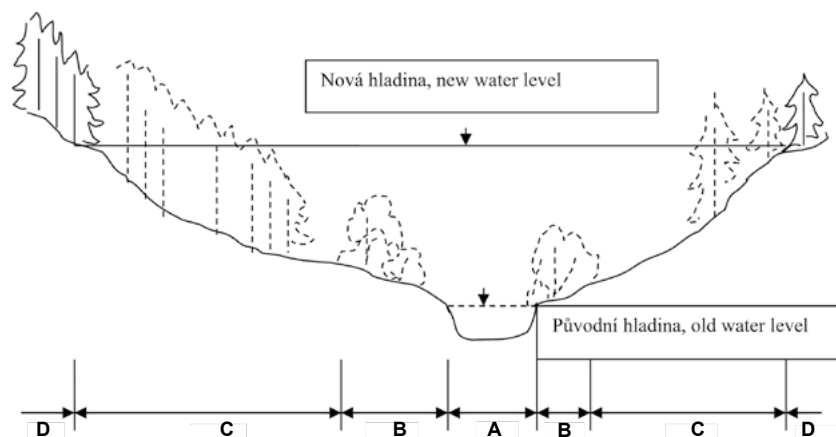
Rozbor problematiky

Je třeba si uvědomit, že pokryv půdy – lesní hrabanka – je materiálem lehčím než voda a bude hned v prvních týdnech po ustálení hladiny odplaven. Následně nastane vlivem abraze (působení vlnění hladiny vody v břehové zóně) rozplavování zeminy, což je velký problém řady údolních nádrží. Rozplavený a odplavený materiál – především jemnozrnný – se ukládá na svahu pod nejčtenější maximální hladinou a v průběhu času se vlivem gravitace a pohybu vodních mas posouvá směrem ke dnu nádrže. Tak dochází k jejímu zanášení materiálem břehů, nežádoucím obohacování o živiny a mnohdy i o nevhodné anorganické látky (ZELEŇÁKOVÁ et al. 2011, 2013).

Dalším velkým problémem je ohrožení stability lesních porostů, které rostou na svahu tvořícím břeh nádrže, a to i ve vzdálenosti mnoha metrů od břehové čáry. Vznikající abrazní srub (obr. 2) postupuje směrem do břehu a jeho postup nezastaví ani kořenové systémy dřevin, i když právě ty mohou postup abraze v počáteční fázi výrazně zpomalit (ŠLEZINGR 2003; ÚRADNÍČEK, ŠLEZINGR 2007).

Zde by měli již projektanti vodohospodářských děl pamatovat na příslušnou ochranu břehové zóny a navrhnout vhodnou (nejčastěji biotechnickou) stabilizaci ohrožených částí budoucího břehu nádrže. Za ohrožené břehy považujeme takové, které splňují všechny tyto podmínky: (i) jsou tvořeny rozmyvatelným materiálem (většinou aluviální náplavy, zahliněné štěrkopísky, spraš aj.), (ii) mají sklon svahu větší než 5 % a (iii) délka rozběhu větru po hladině dosahuje alespoň 100 m, případně je v blízkosti břehu vedena pravidelná lodní doprava (ŠLEZINGR 2003). Za této situace dojde vždy k postupnému ústupu břehové čáry, a tedy ke vzniku abrazního srubu (viz obr. 2).

Z uvedeného plyne, že je velmi vhodná a důležitá spolupráce lesníků a správců toků při návrhu a realizaci řádné stabilizace. Ta se většinou neobejde bez těžby v břehové zóně, jelikož především jehličnany rostoucí ve svahu nejsou vhodnou součástí nově vzniklých břehových porostů. Nově vystavená hladina v nádrži dosahuje do „hloubí“ původních lesních porostů a zde rostoucí dřeviny se ocitají náhle na okraji, jsou ohroženy korní spálou, intenzivním působením vlnění v oblasti kořenové zóny – tedy odplavováním jemnozrnného materiálu – a je



- A** původní říční koryto/original riverbed
B původní oblast vegetačního doprovodu toku/original area of riparian vegetation
C vitální lesní porosty – oblast bude před zprovozněním díla odlesněna/vital forest stands – the area will be deforested
D ponechané lesní porosty (těsně u nové hladiny – nevhodné, měly by být také odstraněny, cca 10 m nad úroveň nové hladiny a nahrazeny)/left forests (unsuitable stands that should be removed ca. 10 m above the new water level and replaced)
----- původní stav porostů; vegetace vyznačená čárkovaně je odstraněna/original state of stands; vegetation shown in dotted lines is removed

Obr. 1.

Umístění porostů po zvýšení hladiny (převzato z publikace ŠLEZINGR 2005)

Fig. 1.

Vegetation after the water level increase (ŠLEZINGR 2005)



Obr. 2.

Abrázní srub na nádrži Brno, oblast Osada – patrné je výrazné poškození břehu i ohrožení dřevin na břehu rostoucích (foto: M. Šlezinger, 2009)

Fig. 2.

Abrasion on the Brno reservoir (photo: M. Šlezinger, 2009)

ohrožena jejich stabilita. Toto platí, i když v menší míře, i pro porosty listnaté a smíšené, jelikož i v tomto případě se na okraj dostávají porosty původně rostoucí v zápoji uvnitř lesních celků (ÚRADNÍČEK et al. 2001; ŠLEZINGR 2003; SYNKOVÁ 2009).

Vzniku výrazné abraze a následnému poškození či likvidaci břehových porostů nelze bez řádné stabilizace břehů za výše jmenovaných podmínek zabránit. Při řešení tohoto problému se často dostáváme do situace, kdy již vzniklý abrazní srub lze jen velmi těžko sanovat. Jako příklad můžeme uvést pobřeží údolní nádrže Brno v oblasti Osada (obr. 2). Zde ustoupil za cca 70 let břeh místně až o 50 m a došlo k likvidaci či výraznému poškození mnoha hektarů lesních porostů. Vývraty ohrožují rekreaci i pravidelnou lodní dopravu, která zde byla bohužel vedena souběžně s břehem, a jsou zde dvě její zastávky.

Vzniklé abrazní sruby dosáhly v této oblasti výšek 5–6 m, byly však prohlášeny za přírodní výtvar a správce toku je z rozhodnutí orgánů životního prostředí nemůže sanovat. Proto jsme se zaměřili na jiný typ ochrany, tj. takzvanou aktivní stabilizaci břehu před dalším postupem abrazního poškození a následným úbytkem lesní půdy v této oblasti.

MATERIÁL A METODIKA

Vzhledem k tomu, že vlastní abrazní srub (obr. 2) nemůže být sanován z důvodů rozhodnutí orgánů ochrany životního prostředí (tedy nemůže být provedena stabilizace paty abrazního srubu a následně sesvahování, ani vybudována opěrná zeď např. z gabionů, což je nejčastější typ sanace), přistoupili jsme k návrhu aktivní stabilizace břehu (KORYTÁŘOVÁ et al. 2007; JUNÁKOVÁ, BÁLINTOVÁ 2011; ŠLEZINGR, PELIKÁN 2011), která má za úkol rozrušit postupovou vlnu ještě před výběhem na břeh a nárazem do paty abrazního srubu. Jedná se tedy o návrh soustavy vlnolamů. Základem jsou předsazené vlnolamy umístěné několik metrů, cca 8–10 m před abrazním srubem, a to na tzv. abrazní plošině. Ve většině případů se jedná o biotechnické stabilizační prvky. V našem případě jsme navrhli několik základních typů využívajících na místě rostoucí keřové vrby *Salix fluviatilis*. Tato vrba dosahuje výšky přibližně 3–4 m. Na údolní nádrži Brno je poměrně rozšířená, alespoň v rekreačně hodně využívané oblasti Sokolského koupaliště a oblasti Osady. Velkou výhodou tohoto druhu vrby je výrazná kořenová výmladnost, která zaručuje průběžné zahušťování porostu a velmi houževnatý povrchový kořenový systém silně prokořeňující zeminu do hloubky cca 20–30 cm, což výrazně přispívá ke stabilizaci abrazní plošiny. I při vědomí, že se jedná o neautochtonní dřevinu, byla pro stabilizaci použita. V dané lokalitě se tento druh keřové vrby běžně vyskytuje, kromě toho se jedná o rekreační oblast s realizovanými parkovými úpravami, včetně cílených výsadeb neautochtonních dřevin.

V případě, že abrazní poškození břehu již vzniklo, opad zeminy z těla srubu vytváří pod abrazním srubem opadový val. Následně hrubozrnný materiál postupně vytváří abrazní plošinu, jemnozrnný je rozmyván pohybem hladiny (vlněním) a přemísťován na dno nádrže. Tomuto přemísťování bráníme výsadbou několika pásů stabilizačních porostů, nejčastěji keřových vrb, přímo na abrazní plošině, těsně pod vlastním abrazním srubem. Rozrušení postupové vlny při průchodu vlnolamem omezí dynamický účinek na patu abrazního srubu a výrazně zpomalí odtok vody z abrazní plošiny při ústupu vlny, což vede k ponechání erodovaného materiálu na abrazní plošině, nejčastěji v prostoru pod abrazním srubem či v prostoru vrbových pásů. Postupně pak dochází k přirozenému sesvahování abraďovaného břehu. Je to však proces trvající desítky let.

Konkrétní realizace aktivní stabilizace minimalizující následnou ztrátu lesní půdy

V oblasti Osada na údolní nádrži Brno byl jako jeden z prvků aktivní stabilizace vybudován dvouřadý zápleťový plůtek (obr. 3), který byl následně rozšířen na třířadý (SYNKOVÁ 2009; PAULO et al. 2014).

Plůtek je tvořen piloty o délce cca 80–90 cm a tloušťce 4–5 cm, které jsou přibližně z jedné poloviny zaraženy do podloží. Vzdálenost mezi piloty v jedné řadě je asi 50 cm. Mezi ně jsou následně vplétány vrbové prýty o délce 2–3 m. Tyto vytvoří pro vodu propustnou 10 m dlouhou stěnu. Přibližně o 40 cm níže je souběžně instalován druhý a následně třetí plůtek. Mezi plůtky je vsypáno kamenivo, hrubý šterk, možné je následně prosypání zeminou opadanou z abrazního srubu. Celá konstrukce je tvořena převážně živým dřevem odebraným přímo v místě realizace. Na piloty lze použít i dřevo mrtvé, upravené (zašpičatělé kůly, hranoly). V našem případě byly vrbové prýty odebrány přímo z volně rostoucí *Salix fluviatilis*. Do zápleťového plůtku byly následně zapichovány živé vrbové prýty, a to pokud možno až do podloží, tedy zeminy abrazní plošiny, které podpoří oživení plůtku i jeho stabilizační působení (CHMELÁŘ 1964). Celá stavba byla realizována na konci měsíce března, při snížené hladině v nádrži a před vyrašením vrbových řízků. Další instalovaný prvek aktivní ochrany břehu je haťový válec. Ten byl, obdobně jako zápleťový plůtek, navržen v nejvíce abrazi postižené části nádrže. Válec je tvořen vrbovými prýty o délce cca tři metry, které jsou skládány do připravených rozpor (zkřížené silné větve či tyče do tvaru X) tak, že se přibližně jednou třetinou až polovinou překrývají a postupně vzniká až „nekonečně“ dlouhá otep – válec. V našem případě byla tvorba válce ukončena při dosažení cca 10 m. Jako základ byly vybrány opět prýty *Salix fluviatilis*, v délce 3–4 m, které vytvořily přibližně 40 cm široký válec postupně stahovaný páleným drátem o průměru 4 mm. Po dokončení byl haťový válec odvalen na místo určení a následně „připíchnut“ zašpičatělými kůly k abrazní plošině. I zde jsme použili živé vrbové prýty s předpokladem možného následného zakořenění a růstu keřových vrb. Třetím použitým prvkem aktivní ochrany paty abrazního srubu byla výsadba pěti pásů vrbových keřů v délce 10 m. Použity byly opět v místě odebrané vrbové prýty *Salix fluviatilis*, z nich byly nařezány řízků dlouhé přibližně 40 cm o tloušťce cca 2 cm. Ty byly ve sponu 40 cm × 40 cm osazeny v pěti pásech na abrazní plošině v těsné blízkosti paty abrazního srubu (asi 1 m od zahloubení paty).

Prvky aktivní protiabrazní ochrany byly realizovány v letech 2013 a 2014 v případě zápleťového plůtku a haťového válce. Výsadba vrbových řízků byla realizována již v roce 2005 a stabilizaci abrazní plošiny pomocí pěti řad dnes vytváří vzrostlý porost keřových vrb. Tyto porosty byly doplňovány a upravovány v letech 2011 a 2013.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Při hodnocení výsledků aktivní břehové stabilizace jsme posoudili účinnost stabilizačního působení ve srovnání s obdobnou plochou, která stabilizována nebyla. Monitorované srovnávací plochy byly umístěny v těsné blízkosti navržených typů stabilizace. Průběžně bylo prováděno měření přírůstků na vysazených vrbových řízcích a zhotovována fotodokumentace prohlubování paty abrazního srubu (nestabilizovaná srovnávací plocha), a naopak kumulace opadu zeminy z těla abrazního srubu v oblasti stabilizované (obr. 4).

Výsledky sledování jednoznačně prokázaly ochrannou funkci keřových porostů na abrazní plošině, konkrétně se osvědčily navržené porosty *Salix fluviatilis* (ŠLEZINGR, ÚRADNÍČEK 2007). Mimo tímto způsobem ochraňovanou část břehu, tedy na srovnávací lokalitě, bylo naměřeno prohloubení paty abrazního srubu za deset let až o 50 cm. V jedné části lokality došlo ke zřícení převisu a materiál byl během několika měsíců rozplaven.

V celé části ochraňované vlnolamem bylo naopak zaznamenáno kumulování opadu a následné vytvoření malého opadového valu. Působením vlnění a pohybem hladiny v oblasti výsadeb došlo také k přesunu části jemnozrnného materiálu neseného ustupující vlnou a jeho usazení v oblasti výsadby. Abrazní plošina se zde zvýšila až o 7 cm (ŠLEZINGR 2014). Tento jev je možno vysvětlit jednak přesunem zemního materiálu, jednak působením kořenového systému a opadu



Obr. 3.
Detail zápletového plůtku – nádrž Brno, oblast Osada (foto: M. Šležingr, 2013)

Fig. 3.
Detail of a knitted fence – Brno reservoir (photo: M. Šležingr, 2013)



Obr. 4.
Projev stabilizačního působení porostů vrb na abrazní plošině – akumulovaný materiál opadu z těla abrazního srubu (foto: M. Šležingr)

Fig. 4.
The stabilizing effect of willows on the abrasion plateau – accumulated material (photo: M. Šležingr)

z dřevin. Výsadba vrbových řízků a následné vytvoření hustého stabilizačního porostu keřových vrb se v průběhu 10 let ve svém stabilizačním působení osvědčilo. Zelený pás o výšce cca 4 m vhodně kryje nevzhledný a nebezpečný abrazní srub čelným pohledům a omezuje přímý pohyb pod abrazním srubem (ÚRADNÍČEK, ŠLEZINGR 2007; ŠLEZINGR, PELIKÁN 2011). V dané oblasti nenastal ústup břehové čáry, lesní porosty nebyly dotčeny.

Jednoznačné závěry ze stabilizačního působení zápleťového plůtku a haťového válce dosud vzhledem ke krátké době působení není možné prezentovat, avšak již po roce je patrné zpomalení až zastavení prohlubování poškození paty abrazního srubu. Otázkou do diskuse je preference využití aktivního stabilizačního prvku (vlnolamu) nebo pasivní přímé stabilizace břehu, či jejich kombinace. Ta je vhodná tam, kde ještě poškození břehu nenastalo. V případě, že je již břeh abrazí poškozen, může být v určitých situacích vhodnější návrh vlnolamů.

V rámci diskuse výsledků je velmi důležité porovnání s jinými autory a srovnání úspěšnosti jednotlivých opatření. Zápleťové plůtky, haťové válce i porosty vrb jakožto aktivní břehovou stabilizaci doporučoval a popsal např. SCHOKLITSCH (1930), MARHOUN (1982) či NOVÁK et al. (1986), jako příklad novější publikace lze uvést práci HANÁK et al. (2008). Co se týká úspěšnosti těchto opatření, tak dle výše uvedených prací i poznatků autorů tohoto článku velmi záleží na kvalitě a odbornosti provedení i následné údržbě. Nejde zde o technický, ale spíše biotechnický či biologický ochranný prvek vyžadující určitou pozornost a následnou péči. Důkazem nevhodně provedeného zápleťového plůtku a zanedbané údržby může být např. úprava břehů nádrže Slapy (NOVÁK et al. 1986), naopak velmi kladně je hodnoceno vegetační opevnění břehů nádrží (EISELTOVÁ 1996).

ZÁVĚR

Ochrana břehů nádrží před nevratným úbytkem lesní půdy je možná i v případě, kdy byla dříve při uvádění vodního díla do provozu podceňena, a vzniklo výrazné břehové poškození se všemi negativními dopady působícími na les. Jednou z možností řešení je například právě aktivní ochrana břehu některým z výše uvedených opatření.

Zatím můžeme jednoznačně říci, že po deseti letech působení vlnolamu tvořeného na abrazní plošině vhodným porostem keřových vrb se projevil jejich stabilizační účinek. Opad z těla abrazního srubu nebyl rozplaven, naopak se ukládá v oblasti paty abrazního srubu a v oblasti stabilizované vrbovými porosty (ŠLEZINGR 2003; ŠLEZINGR, PELIKÁN 2011). Zelený pás o výšce cca 4 m vhodně kryje nevzhledný a nebezpečný abrazní srub a omezuje přímý pohyb pod ním. Dochází také k postupnému sesuvahování abrazního srubu přirozeným opadem materiálu, zapříčiněným erozními procesy (působení dešťů, větru, střídání zámru a tání). Vzhledem k předpokladům však nebyla potvrzena vysoce invazní povaha *Salix fluviatilis*, jelikož založené porosty byly vlivem silné kořenové výmladnosti této dřeviny výrazně zahuštěny, a přitom za deset let nedošlo k významnějšímu rozšíření dřeviny po abrazní plošině.

Výsledky se dostavily i u ostatních dvou typů aktivní stabilizace, avšak necelé dva roky po jejich instalaci ještě není možno prezentovat konečný pohled na efektivitu jejich působení. Stabilizační prvky, stav abrazního srubu, abrazní plošiny a lesních porostů za břehovou hranou budou dále předmětem podrobného sledování a vyhodnocování.

Poděkování:

Článek byl vypracován za základě dílčích výsledků řešení projektu „Minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy vlivem erozních a abrazních procesů“ č. LDF-PSV 2016002 a projektu specifického výzkumu BD 125 000 35.

LITERATURA

- EISELTOVÁ M. 1996. Obnova jezerních ekosystémů. Třeboň: 190 s.
- GALAS S., KRÓL E. 2008. Indicators for environmental-spatial order assessment on the example of the Busko and Solec spa communes. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24: 95–115.
- HANÁK et al. 2008. Stavby pro plnění funkcí lesa. Praha, ČKAIT: 300 s.
- CHMELÁŘ J. 1964. Stručný přehled vrb s ohledem na použití pro vegetační zpevňování břehů vodních toků a nádrží. In: *Vegetační problémy při budování vodních děl*. Praha, ČSAV: 55–64.
- JUNÁKOVÁ N., BÁLINTOVÁ M. 2011. Utilization possibilities of sediment waste extracted from water reservoir. *Czasopismo Techniczne*, 108: 89–95.
- KORYTÁROVÁ J., ŠLEZINGR M., UHMANNOVÁ H. 2007. Determination of potential damage to representatives of real estate property in areas afflicted by flooding. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 55: 282–285.
- MARHOUN K. 1982. Dřevinný vegetační doprovod vodních toků a nádrží. Úkol 115 MLVH č. 8. Závěrečná zpráva. Brno, Hydroprojekt: 170 s.
- NOVÁK L., IBLOVÁ M., ŠKOPEK V. 1986. Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Praha, SNTL: 243 s.
- PAULO A., GALAS A., GALAS S. 2014. Planning the Colca Canyon and the Valley of the Volcanoes National Park in South Peru. *Environmental Earth Science*, 71: 1021–1032. DOI: 10.1007/s12665-013-2506-9
- SCHOKLITSCH A. 1930. *Der Wasserbau. Ein Handbuch*. Wien, Springer: 1199 s.
- SYNKOVÁ J. 2009. Possibility of utilization of direction construction in river revitalization. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 57 (5): 279–284.
- ŠLEZINGR M. 2003. Břehová abraze. Příspěvek k problematice zajištění stability břehů. Brno, Zdeněk Novotný: 157 s.
- ŠLEZINGR M. 2005. Stabilizace říčních ekosystémů. Brno, CERM: 353 s.
- ŠLEZINGR M., PELIKÁN P. 2011. Stabilization of Brno dam banks in the recreational area (Osada). In: Fialová J., Pernicová D. (eds.): *Public recreation and landscape protection – hand in hand? Conference proceeding*. 4.–6.5.2011, Brno. Brno, Mendelova univerzita: 131–134.
- ŠLEZINGR M. 2014. Závěrečná zpráva Rozvojového projektu TR 914 0011. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 150 s.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P. 2001. Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická: 333 s.
- ÚRADNÍČEK L., ŠLEZINGR M. 2007. Stabilizace břehů. Za využití armované zemní konstrukce s podporou kořenových systémů dřevin. Brno, CERM: 210 s.
- ZELEŇÁKOVÁ M., PETRILÁKOVÁ A., GALAS S. 2011. Evaluation of the development potential of the village Spišské Bystré. In: Fialová J., Pernicová D. (eds.): *Public recreation and landscape protection – hand in hand? Conference proceeding*. 4.–6.5.2011, Brno. Brno, Mendelova univerzita: 45–50.
- ZELEŇÁKOVÁ M., ČARNOGURSKÁ M., ŠLEZINGR M. et al. 2013. A model based on dimensional analysis for prediction of nitrogen and phosphorus concentrations at the river station Ižkovce, Slovakia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17: 201–209.

BANK STABILIZATION AIMED AT MINIMIZING LOSS OF FORESTED LAND:

short communication

SUMMARY

The area of banks can be often considerably damaged, and thus the progressing erosion becomes a threat for the buildings standing higher on the banks, including the roads (Fig. 2). Due to the fact that the bank toe cannot be tampered with, the Povodí Moravy (River Morava authority) – state enterprise (Czech Republic) – asked for bank stabilization proposal using another method.

Therefore, we proposed bank stabilization that will not modify the damaged bank but will be set in front of it. We designed a set of breakwaters including biological stabilization of the wave cut platform by three to five lines of *Salix fluviatilis* (river willow).

The basic assumption is that the wave coming to the bank will lose its energy by breaking into the breakwater and then when passing through the riparian stand. Its destructive force will be minimal or none when reaching the erosion wall toe. This principle has been tested in research areas on the banks of irrigation reservoir Bílovec (three experimental areas on the left bank, 2002–2005; one experimental area on the right bank, 2004), water reservoir Brno (five experimental areas) and in another sites.

Three types of breakwaters were designed: (i) knitted fences, (ii) fascine cylinders, and (iii) shrub planting willow trees in five rows.

Results of planting shrub willows are presented in Fig. 4.

The great advantage of these stabilization structures is relatively simple implementation. You can use local materials (willow shoots, poles, rocks, soil, gravel etc.). There is no need of especially trained staff for the implementation and subsequent maintenance of stabilizing structures. The active stabilization structures can be carried out by unskilled workforce under the proper leadership.

Finally, we can mention that active stabilization structures, which have been implemented so far, show good results. Especially the planting of suitable species, such as shrub willows (*Salix fluviatilis*, *Salix triandra*, *Salix purpurea*, *Salix x rubra* Huds., *Salix x rubens* Shrank etc.) on abrasion platform proved applicable. Follow-up projects will be focused on the construction of gabions, stone dams and pile walls with shrub willows.

Zasláno/Received: 03. 02. 2015

Přijato do tisku/Accepted: 12. 10. 2015

