

POSTUPY OCEŇOVÁNÍ PROTIEROZNÍ FUNKCE LESA PŘI POUŽÍVÁNÍ ZEJMÉNA MECHANIZOVANÝCH TECHNOLOGIÍ OBNOVY

PROCEDURES OF PRICING EROSION CONTROL FUNCTION OF THE FOREST USING PARTICULARLY MECHANIZED LOGGING AND SITE PREPARATION PRACTICES

FRANTIŠEK ŠACH¹⁾ ✉ - JIŘÍ DVOŘÁK²⁾ - LUDĚK ŠIŠÁK²⁾ - VLADIMÍR ČERNOHOUS¹⁾

¹⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

²⁾Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchdol, Czech Republic

✉ e-mail: sach@vulhmop.cz

ABSTRACT

Mechanization of logging activities and site preparation make soil disturbance. When using mechanization or animal (horses) power during technological procedures of forest reproduction, it was necessary to price erosion control function of the forest. Various types of soil erosion on forest lands were differentiated. Subsequently, the erosion was priced by similar methods like at non-forestry use of lands (ŠACH et al. 2018). Pricing was made for logging, site preparation, water, and introskeletal erosion using primarily compensation costs. Values gained for logging and water erosion brought favourable results especially for technology of chain saw felling with uphill yarding by highlead system and for harvester felling and forwarding especially per cubic meter of a logged timber. Further it was discussed the complete pricing of erosion control function of the forest by calculation of increased costs on prevention at implementation of prescribed complex watershed arrangement. Two types of watersheds were managed: (1) erosively less sensitive, and (2) more erosively sensitive. As for the (1) type, the cost increase on prevention was ca 6,000 CZK per 1 ha of the watershed area or 1,200 CZK per 1 cubic meter of logged timber. For the (2) type, the cost increase on prevention was ca 8,000 CZK per 1 ha of the watershed area or 1,600 CZK per 1 cubic meter of logged timber. In foreign countries, the monetary access to pricing of erosion control function of the forest is usually based on the legislatively economic base. The foreign authors recommend to price this function by providing incentive payments and tax reliefs for forest and forestry services when observing "the best management practices". The owners or forest managers performed these services on their own initiative, not for receiving subsidies in advance. These payments were not possible to compare with our methods due to the fact that our procedures were based on compensation costs and on increase of prevention costs.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: funkce lesa; lesnická mechanizace; eroze stroji a technologiemi; vodní eroze; introskeletová eroze; komplexní úprava povodí; náklady kompenzace; náklady prevence; cena protierozní funkce

Key words: forest functions; forestry mechanization; erosion by machines and technologies; water erosion; introskeletal erosion; comprehensive catchment management; compensation costs; prevention costs; soil-conservation-function price

ÚVOD

Mechanizace činností při těžbě dřeva a přípravě stanoviště pro zalesňování s sebou nese i poškozování lesní půdy. Jako při změně lesnického využívání pozemků na jiný typ využívání (ŠACH et al. 2018), tak i pro používání mechanizačních, popř. animálních prostředků (koně) při různých technologických postupech obnovy lesa, bylo třeba ocenit jeho protierozní funkci. Cílem práce bylo rozlišit různé druhy eroze půdy na lesních pozemcích (ŠACH, ČERNOHOUS 2009) a následně provést ocenění eroze metodami obdobnými jako při nelesnickém využívání pozemků (ŠACH et al. 2018). Úkolem bylo též diskutovat komplexní oceňování protierozní funkce prostřednictvím kalkulování zvýšených nákladů cílené komplexní úpravy povodí jednak pro typ povodí erozně méně citlivého, jednak pro typ povodí erozně více citlivého.

Poškozování a eroze lesní půdy těžebními stroji a mechanizačními prostředky pro přípravu stanoviště k zalesňování v Česku

Podíl mechanizace provádějící těžební a dopravní práce se dlouhodobě zvyšuje nejen v ČR, ale celosvětově (např. DRUSHKA, KONTTINEN 1998; MOSKALIK et al. 2017; MZE 2017; JAVŮREK, DVOŘÁK 2018). To souvisí nejenom s nedostatkem a nárůstem ceny pracovní síly, ale i s vývojem a nabídkou lesnické mechanizace pro těžbu a soustředování dříví na trhu, především od evropských výrobců. U nás, stejně jako v dalších státech Evropy, se používání těžebních strojů (speciálních traktorů, forwarderů, vyvážecích souprav, procesorů, harvesterů aj.) často přisuzuje devastační účinek na půdu, ale je tomu opravdu tak?

Poškození lesní půdy těžebními stroji je zpravidla ovlivňováno čtyřmi hlavními faktory. Jsou to přírodní poměry ve výrobě, vlastnictví lesního fondu, technologie těžby a soustředování dříví a konečně těžební a dopravní stroje samotné.

Přírodní poměry

Plochy a dobře únosný terén značně zmenšuje riziko poškození půdního povrchu mechanizačními prostředky i riziko vodní eroze půdy (např. BERG 1995; ULRICH et al. 2002). Naopak podhorský a horský terén s vyššími srážkami a semihydromorfní a hydromorfní půdy, rostoucí délkou svahu a zvyšujícím se sklonem, po kterém je dříví soustředováno, zmíněná rizika obvykle zvyšují (MLNU 2008; AKBARIMEHR, JALILVAND 2013).

Vlastnictví lesního fondu

Stát, který vlastní největší část lesního fondu (57 % – MZe 2017), nedisponuje prakticky žádnými těžebními stroji, nebudeme-li brát v úvahu lesnickou mechanizaci čtyř lesních závodů Lesů ČR a divize Hořovice Vojenských lesů a statků či na ostatních divizích maximálně vyvážecí traktory. Všechny těžební práce jsou proto řešeny formou komplexních zakázek, nebo zadáním přes aukce. V nestátních lesích (obecní a městské lesy 17 %, právnické osoby 3 % a fyzické osoby 19 % – MZe 2017) je nasazení těžebních strojů velmi štedře podporováno dotacemi ze státního zemědělského investičního fondu, a to až 50procentní dotací na mechanizaci (pokud jde o vlastníka lesa). Jsou-li práce v lese řešeny formou zakázek, pak s téměř stejnou technickou podporou jako u lesů státních, včetně využívání adaptérů k zemědělským univerzálním traktorům (navijáky, vyvážecí přívěsy a polopřívěsy, štěpkovače, štípačky ap.). Vlastnictví lesů v Česku tedy použití těžebních strojů ve větším rozsahu podporuje, čímž narůstá i pravděpodobnost poškození lesní půdy na značné části lesního fondu České republiky. Navíc i výzkumné analýzy, vypracované v minulých letech, ukazují na vysoký potenciál např. pro harvesterovou technologii, která by byla využitelná téměř na 70 % lesních pozemků ČR (DVOŘÁK, NAROV 2016). Je pouze otázkou ekonomickou, v jaké intenzitě bude tato technologie aplikována do provozu.

Závěrem této pasáže je žádoucí zvýraznit aktuální potenciální a reálný význam z hledisek strojní eroze lesní půdy lesů ve vlastnictví státu. V nich byl lesnickou vědou i politikou v evropském lesnictví nalezen už před půlstoletím základní činitel, schopný společenské, tedy veřejné potřebě zajistit aktivní a setrvalé zabezpečení konkrétních a nikoli jen přírodních, a proto nahodilých, kladných účinků lesa (kladných externalit) pro krajinné prostředí – tedy konkrétní lesnické služby environmentální a sociální v kulturní krajině, zejména v lesích vyšších poloh.

Technologie těžby a soustředování dříví

Těžební technologie zahrnuje rozčlenění porostů, těžební metodu a dobu těžby. Nejprve zmíníme rozčlenění porostů přibližovacími linkami. Čím menší je rozestup přibližovacích linek, tím větší je jejich hustota, a tím vyšší je i riziko poškození plochy půdy (ALLMAN et al. 2017). Proto je v současné době účelné rozčleňovat předmýtní porosty přibližovacími linkami vzdálenými od sebe až 20–30 m (DVOŘÁK et al. 2011). Takto velký rozestup přibližovacích linek je umožněn použitím vyvážecího traktoru nebo vyvážecí soupravy vybavené teleskopickou hydraulickou rukou s prodlouženým dosahem (12 m) a důsledným dodržováním směrového kácení. Plochu poškozené půdy snižuje kromě nižší hustoty linek také sortimentová těžební metoda (MALÍK, DVOŘÁK 2007), při níž se sortimenty k přibližovací lince vyklizují bez zajištění soustředovacího prostředku do porostu, např. jeřábem harvesteru ihned po kácení a během druhožení nebo teleskopickým jeřábem s drapákem vyvážecího traktoru či manuálně lehkým pře-

místitelným navijákem, případně koněm. Pro zmenšení intenzity poškození půdního povrchu lze těžbu (zejména na méně únosných terénech) provádět po zamrznutí půdy. Pro účely plánované volby vhodné technologie s ohledem na terénní podmínky jsou již dnes využitelné technologické typizace navazující na terénní klasifikace (SIMANOV et al. 1993; ÚHÚL 2007).

Těžební stroje

Těžební stroje vyráběné firmami a používané v lesním hospodářství lze rozdělit podle hmotnosti na těžké (hmotnost nad 13 tun), středně těžké (hmotnost 9–13 tun) a lehké (hmotnost do 9 tun) (ŠACH 1984; LUKÁČ 2005). Hmotnost stroje se dosud považuje za rozhodující ukazatel potenciálního poškození půdy (rozrytí – vyrytí kolejí, ztuhnutí půdy). Vzrůstající celková hmotnost stroje a snižující se šířka pneumatik má za následek zvětšování hloubky vyjetých kolejí; stejné důsledky má i zvětšování hmotnosti nákladu, o který se navyšuje hmotnost vyvážecích traktorů při vyvážení dříví. V závislosti na výše uvedených faktorech se odvíjí výše tlaku mechanizace na půdu. Snahou výrobců je vyrábět stroje s nižším tlakem na půdní povrch, protože to současné trendy společnosti požadují. Stroje s vysokým tlakem na půdu totiž nepoškozuje pouze půdní povrch, ale také mělké kořeny stromů v blízkosti přibližovacích linek, což má za následek zhoršení stability, přírůstu a kvality dřeva okolního porostu (ULRICH, VAVŘÍČEK 2013). Zmenšování tlaku stroje na půdu se dosahuje zvětšováním styčné plochy kol s půdním povrchem, a to zvětšením rozměrů nebo počtu kol (AGHERKAKLI et al. 2010; KORMANEK et al. 2013; HAAS et al. 2015; HEUBAUM 2015; ALLMAN et al. 2017 a další), popřípadě jejich zdvojením či opásáním. Nižšího tlaku stroje na půdu se dosahuje i snižováním vlastní hmotnosti strojů. Tomu odpovídá stále více se prosazující trend vyrábět středně těžké těžební stroje, které v sobě slučují vyšší výkonnost těžkých strojů s nižší pořizovací cenou a provozními náklady strojů lehkých. Zvýšený tlak na půdní povrch vyvolává též naklání strojů při překonávání terénních překážek. Tento problém je řešen např. výkryvnými nápravami nebo hydraulickým zvednutím příslušného kola nad překážkou.

Poškození půdy dále silně ovlivňuje prokluz kol strojů při rozjezdu nebo během jízdy, brzdění a překonávání terénních překážek. Jedním z řešení, jak prokluz prakticky vyloučit, je použití hydrostatického převodu, který zajišťuje, že všechna kola jedou za jakýchkoliv podmínek shodnou rychlostí.

Významný rozdíl dopadu lesnické mechanizace na půdní podklad je nejčastěji zdůrazňován mezi typem mechanizace především lanovými dopravními systémy a traktory, a to od 7 % až do 23 %, eventuálně 39 % (RAB 1994; LAFFAN et al. 2001; MODRÝ, HUBENÝ 2003). Přestože škody způsobené dopravními lanovými systémy narušují menší plochy terénu, tak s ohledem na řidší síť přibližovacích linek mohou mít erozní dopady při soustředování dříví v polozávěsu vyšší jednorázový podíl na vzniku erozních rýh.

Technologie a mechanizační prostředky používané v Česku k přípravě stanoviště pro zalesňování zahrnovaly zejména buldozery s hladkou, později s kloučící radlicí, bagry s různými typy lžic a shrnovače klestu zpravidla s radlicí čelně nesenou na kolových traktorech.

MATERIÁL A METODIKA

Eroze těžebně-dopravní a při mechanizované přípravě stanoviště pro zalesňování

Bylo vyhodnoceno šetření provedených měření těžebně-dopravní eroze (TDE) na 31 pasekách ve všech lesních vegetačních stupních (od 0. do 8.) při aplikaci celkem šesti těžebně-dopravních technologií (tab. 1).

Rozsáhlejší pozornost přitom byla věnována harvesterové technologii. Šetření bylo prováděno jednak metodou měření parametrů TDE na zkusných plochách, jednak mapováním a měřením parametrů TDE na celých pasekách. Pro metodu zkusných ploch byl z dat shromážděných na jednotlivých šablonách k popisu pracoviště a těžebně-dopravních operací odvozen postup výpočtu TDE.

Vyhodnocení šetření provedených měření TDE na 31 pasekách při aplikaci celkem šesti těžebně-dopravních technologií rezultovalo do výsledků vyjádřených jednak v metrech krychlových půdy na jeden hektar paseky, jednak v metrech krychlových půdy na plometr vytěženého a soustředěného dříví (tab. 2).

U eroze při mechanizované přípravě stanoviště pro zalesňování bylo provedeno měření a vyhodnoceno šetření provedené těžebně-dopravní eroze (TDE) na 8 pasekách v horských lesních vegetačních stupních (od 0. do 8.) při aplikaci celkem čtyř mechanizovaných technologií přípravy stanoviště: celoplošná buldozerová příprava, plošková bagrová příprava, liniová záhrobcová příprava melioračním pluhem, celoplošná příprava radlicí shrnovače klestu. Přemísťování půdního svršku jen na krátké vzdálenosti pak ovlivnilo protierozní funkci zejména z produkčního hlediska.

Erozi těžebně-dopravní a při mechanizované přípravě stanoviště pro zalesňování lze ocenit obdobně jako erozi vodní (viz dále) pod-

Tab. 1.

Prostředky výrobního procesu a počet měření
Means of production process and number of measure

Prostředky výrobního procesu/ Means of production process		zkratka/ abbreviation	počet měření/ number of measurements
těžba dřeva/ timber harvesting	soustředování dříví/ forwardig, skidding, yarding		
harvestor	vyvážecí traktor	HT&VT	11
motorová pila	kůň	MP&kůň/horse	5
motorová pila	kůň/UKT	MP&kůň/horse&UKT	4
motorová pila	SLKT	MP&SLKT	6
motorová pila	UKT	MP&UKT	1
motorová pila	LDZ	MP&LDZ	4

Zkratky/Abbreviations: HT – harvester/harvester, VT – vyvážecí traktor/forwarder, MP – motorová pila/power chainsaw, UKT – univerzální kolový traktor/general-purpose wheeled tractor, SLKT – speciální kolový traktor/special wheel skidder, LDZ – lanové dopravní zařízení/high-lead cable way yarding device

Tab. 2.

Těžebně-dopravní eroze podle těžebně-dopravních technologií
Logging erosion by logging practices

Pořadové číslo ¹	TDE v m ³ na 1 ha paseky podle těžebně-dopravní technologie/Logging erosion in cubic meters per 1 ha of clearcut by logging technology						TDE v m ³ na 1 m ³ soustředěvaného dříví podle těžebně-dopravní technologie/Logging erosion in cubic meters per 1 cubic meter of clearcut by logging technology					
	JMP&LKT	HT&VS	JMP&UKT	JMP&kůň&UKT	JMP&kůň	JMP&LDZ polozávěs	JMP&LKT	HT&VS ⁵	JMP&UKT	JMP&kůň&UKT	JMP&kůň	JMP&LDZ polozávěs
1	46,6	67,8	35,9	23,6	26,6	11,4	0,17	1,14	0,10	1,38	2,83	0,02
2	113,5	0,0		11,4	7,8	11,0	1,78	0,00		0,54	0,49	0,02
3	99,1	33,4		28,6	36,8	11,0	5,11	0,13		1,03	1,72	0,03
4	62,0	10,6		20,0	20,9	34,4	0,16	0,04		0,68	0,41	0,08
5	131,0	55,5			66,0		0,28	0,16			0,14	
6	195,0	41,8					0,51	0,14				
7		41,8						0,05				
8		6,4						0,02				
9		171,0						6,06				
10		104,6						1,33				
11		0,0						0,00				
průměr ²	107,9	48,4	35,9	20,9	31,6	17,0	1,34	0,82	0,10	0,91	1,12	0,04
smodch ³	48,47	49,37		6,28	19,58	10,08	1,78	1,72		0,33	1,01	0,02
medián ⁴	106,3	41,8	35,9	21,8	26,6	11,2	0,40	0,13	0,10	0,86	0,49	0,03

¹serial number; ²arithmetic mean; ³standard deviation; ⁴median; ⁵forwarding set

le objemu půdy, která se dostává do hydrografické sítě, vodních toků a nádrží. Množství splavenin přicházejících z poškozených pozemků do hydrografické sítě se stanovuje měřením, nebo se z objemu výše pojmenované eroze odhaduje pomocí koeficientu zadržení půdního smyvu (ŠACH, ČERNOHOUS 2009):

$$Kz = P_{vt}/P_o,$$

kde P_{vt} je plocha linek nebo podobných drah, po kterých povrchový odtok dosahuje vodoteče a P_o je celková plocha přibližovacích linek nebo jim podobných drah.

Eroze vodní

Obnovní postupy představované samotnými obnovními sečemi obvykle nemají za následek povrchový odtok s „on-site“ vodní erozí. Nenastávají zpravidla ani při vysokých dešťových srážkách, v mimo-vegetačním období doprovázených eventuálním táním sněhu. K povrchovému odtoku spolu s „on-site“ vodní erozí však obvykle dochází po mechanizované těžbě a soustředování dříví a po mechanizované přípravě stanoviště pro zalesňování (ŠACH, ČERNOHOUS 2009). Obnovní postupy mohou dále ovlivňovat svahový odtok s následnou „off-site“ vodní erozí zejména ze zpřístupňovací sítě (a objektů) a z hydrografické sítě (a objektů) modelované v práci Metodické postupy ochrany lesních pozemků proti erozi (ŠACH, ČERNOHOUS 2009). Ocenění protierozní funkce ve vztahu k vodní erozi se provedlo obdobně jako v práci Postupy oceňování půdoochranné funkce lesa prostřednictvím nákladů kompenzace při převodu lesních pozemků na pozemky nelesní (ŠACH et al. 2018).

Ocenění eroze těžebně-dopravní a eroze při mechanizované přípravě a eroze vodní se provede kalkulací zvýšených nákladů na prevenci při komplexní úpravě povodí na základě typu povodí (typ erozně méně citlivý a typ erozně více citlivý) podle plochy zasažené těžbou (ha) nebo podle objemu těžby (m^3) násobením souvztažnou (korelující) rámcovou cenou uvedenou v předposledním odstavci kapitoly Výsledky.

Eroze introskeletová

Introskeletovou erozi (ISE) definuje Lesnický naučný slovník (1994) jako propadávání a proplavování částic z povrchové vrstvy do mezer mezi kameny suťovitěho podloží. Dynamiku ISE lze prezentovat ztenčováním půdní vrstvy pokrývající suť, plošným zvětšováním povrchové kamenitosti a zvýrazněním vertikální členitosti mikroreliefu terénu. Proces ISE na suťových stanovištích probíhá především na místech se zmenšeným půdoochranným působením lesního porostu trvale. Destrukci svrchní půdní vrstvy a její ztrátu do podzemních prostor mezi balvany zvláště urychlují přívalové deště, dlouhá období sucha, pohyb sněhové pokrývky po svazích a mrazové jevy. Z antropogenních vlivů destrukci svrchní půdní vrstvy akceleruje zejména pozemní soustředování dříví. Místa, na kterých dojde k úplné ztrátě půdy a vystoupení sutě, nemohou plnit dřívější protierozní, ale i protipovodňovou funkci a dále ztrácejí také produkční schopnost. K opětovnému zalesnění je nezbytné použít speciální technologie. Cena se oproti použití standardní jamkové technologie zvýší 4–6krát (ŠACH, ČERNOHOUS 2009). Provedení ocenění protierozní funkce ve vztahu k introskeletové erozi je stejné jako v práci Postupy oceňování půdoochranné funkce lesa prostřednictvím nákladů kompenzace při převodu lesních pozemků na pozemky nelesní (ŠACH et al. 2018).

Jednorázová společenská sociálně-ekonomická cena protierozní funkce lesa u introskeletové eroze se podle stupně ohroženosti a vyplývajících vícenásobků na obnovu lesa stanovuje na 150 000–250 000 Kč.ha⁻¹ v průměru na 200 000 Kč.ha⁻¹ (Šiřák et al. 2010).

VÝSLEDKY

Eroze těžebně-dopravní a při mechanizované přípravě stanoviště pro zalesňování

TDE v metrech krychlových půdy na jeden hektar paseky

Nejvyšší střední hodnotu TDE (medián) vykazala technologie JM-P&LKT – 106 m^3 půdy na 1 ha paseky, dále následovala významně šetrnější technologie HT&VS se 42 m^3 .ha⁻¹, JMP & kůň s 27 m^3 .ha⁻¹, JM-P&kůň&UKT s 22 m^3 .ha⁻¹ a JMP&LS polozávěs s 11 m^3 .ha⁻¹. Získané hodnoty indikovaly předpokládané pořadí. Do výsledků šetření zasahovala významně také únosnost terénu (únosný, podmíněně únosný, neúnosný). Výsledky lze orientovat na vztah s indexem ohroženosti stanoviště těžebně-dopravní erozí (ŠACH, ČERNOHOUS 2009).

TDE v metrech krychlových půdy na plometr soustředěného dříví

Při tomto vyjádření výsledků se pořadí intenzity TDE významně změnilo. Nejvyšší střední hodnotu TDE (medián) vykazala technologie JMP & kůň & UKT, a to 0,86 m^3 půdy na 1 m^3 soustředěného dříví, dále následovala JMP&kůň – 0,49 m^3 .m⁻³ a JMP&LKT – 0,40 m^3 .m⁻³. Významně nižší hodnoty pak prokázala technologie HT & VS – 0,13 m^3 .m⁻³ a technologie JMP & LS polozávěs – 0,03 m^3 .m⁻³. Získané hodnoty tedy indikovaly příznivé výsledky zejména pro JMP s lanovým systémem polozávěs (proti svahu) a pro harvestory s vyvážečkou.

Při mechanizované přípravě stanoviště pro zalesňování docházelo k přemísťování půdního svršku jen na krátké vzdálenosti buď do valů celoplošně (buldozerová příprava), nebo pomístně (plošky při bagrové přípravě nebo liniové záhrobyce po přípravě melioračním pluhem). K pomístnímu narušení a přemístění půdního svršku do liniových valů došlo také při přípravě čelně nesenou radlicí shrnovače klestu. Objem půdního svršku přemístěného do valů buldozerem činil ca 800 m^3 .ha⁻¹, přemístěného do hromad bagrem ca 422 m^3 .ha⁻¹, přemístěného do valů melioračním pluhem ca 43 m^3 .ha⁻¹ a přemístěného do valů shrnovačem klestu 199 m^3 .ha⁻¹.

Vodní eroze půdy podle použité obnovní technologie

Intenzita potenciální vodní eroze půdy podle použité obnovní technologie je obsažena v tabulkách, publikovaných v Metodických postupech ochrany lesních pozemků proti erozi (ŠACH, ČERNOHOUS 2009). Z těchto hodnot se počítala cena potenciální vodní eroze půdy podle použité obnovní technologie prostřednictvím nákladů kompenzace (ŠACH et al. 2003, 2018) za odstraňování nánosů sedimentů z vodních nádrží a toků.

Roční sociálně-ekonomickou cenu (Kč/ha) v závislosti na intenzitě potenciální vodní eroze půdy podle použité obnovní technologie obsahují tab. 3–7. Tabulky představují cenu eroze ve formě smyvu transportovaného mimo hospodářským zásahem postiženou plochu do toku, nádrže (off site erosion). Hospodářskými opatřeními zasažené porostní plochy byly porovnávány s neporušenými lesními plochami s prakticky nulovou erozí.

Erozi těžebně-dopravní a při mechanizované přípravě a erozi vodní lze dohromady ocenit kalkulací zvýšených nákladů na prevenci při komplexní úpravě povodí. Obecně ze specifikace potenciální ztráty půdy v zájmovém území a z množství sedimentů v nádrži vyplývá, že ze samotného povodí pochází 24 %, z povrchu lesních cest 31 % a z koryt vodotečí pravděpodobně 45 % celkové množství sedimentů usazených v nádrži (DANKO, JUŠKO 2014).

Tab. 3.

Roční sociálně-ekonomická cena (Kč/ha) v závislosti na intenzitě potenciální vodní eroze půdy podle použité těžebně-dopravní technologie do 1 roku od ukončení prací – oblast krystalinika
 Annual socioeconomic price (CZK/ha) in dependence on intensity of potential soil water erosion by used logging practices to 1 year after closing works – crystalline region

Obnovní technologie/ Logging technology	Paseka (holá seč) traktorová technologie v únosném terénu ²			Paseka (holá seč) traktorová technologie v méně únosném terénu ³			Paseka (holá seč) lanovková technologie ⁴			Paseka (holá seč) animální technologie ⁵		
	soustředování: po svahu			soustředování: po svahu			soustředování: po svahu			soustředování: po svahu		
	proti svahu ⁶			proti svahu ⁶			proti svahu ⁶			proti svahu ⁶		
Potenciální vodní eroze ¹ [mm.rok ⁻¹]	Dolní mez ⁷	Střed ⁸	Horní mez ⁹	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez
0,00–0,10	0	3	7	0	7	14	0	0	0	0	0	0
	0	1	2	0	2	5	0	0	0	0	0	0
0,11–0,50	7	21	35	15	41	68	0	0	1	0	0	1
	2	5	9	5	14	23	0	0	0	0	0	0
0,51–1,00	35	52	69	69	103	136	1	1	2	1	1	1
	9	13	17	23	34	45	0	0	0	0	0	0
1,01–5,00	70	208	346	137	409	680	2	5	8	1	3	4
	17	52	87	46	136	227	0	1	1	0	1	1
5,01–10,00	347	520	693	681	1021	1360	8	12	17	4	7	9
	87	130	173	227	340	453	1	2	2	1	2	2
10,01–14,45	693	847	1000	1361	1664	1965	17	20	24	9	11	13
	173	212	250	454	554	655	2	3	3	2	3	3

Captions: ¹Potential water erosion in mm per year; ²Clearcutting, skidder technology in bearing terrain; ³Clearcutting, skidder technology in less bearing terrain; ⁴Clearcutting, high-lead cable way yarding technology; ⁵Clearcutting, horse skidding technology; ⁶Skidding or yarding downhill and uphill; ⁷Lower limit; ⁸Middle; ⁹Upper limit

Tab. 4.

Roční sociálně-ekonomická cena (Kč/ha) v závislosti na intenzitě potenciální vodní eroze půdy podle použité těžebně-dopravní technologie 3 roky po ukončení prací – oblast krystalinika
 Annual socioeconomic price (CZK/ha) in dependence on intensity of potential soil water erosion by used logging practices 3 years after closing of works – crystalline region

Obnovní technologie/ Logging technology	Paseka (holá seč) traktorová technologie v únosném terénu ²			Paseka (holá seč) traktorová technologie v méně únosném terénu ³			Paseka (holá seč) lanovková technologie ⁴			Paseka (holá seč) animální technologie ⁵		
	soustředování: po svahu			soustředování: po svahu			soustředování: po svahu			soustředování: po svahu		
	proti svahu ⁶			proti svahu ⁶			proti svahu ⁶			proti svahu ⁶		
Potenciální vodní eroze ¹ mm.rok ⁻¹	Dolní mez ⁷	Střed ⁸	Horní mez ⁹	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez
0,00–0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,11–0,50	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,51–1,00	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
1,01–5,00	1	3	5	2	7	11	0	1	1	0	1	1
	0	1	1	1	2	4	0	0	0	0	0	0
5,01–10,00	5	8	11	11	17	23	1	2	3	1	2	2
	1	2	3	4	6	8	0	0	0	0	0	1
10,01–14,45	11	13	15	23	28	33	3	4	4	2	3	3
	3	3	4	8	9	11	0	1	1	1	1	1

For captions see Tab. 3.

Tab. 5.

Roční sociálně-ekonomická cena (Kč/ha) v závislosti na intenzitě potenciální vodní eroze půdy podle použité těžebně-dopravní technologie do 1 roku a 3–4 roky po ukončení prací – flyšová oblast
Annual socioeconomic price (CZK/ha) in dependence to intensity of potential soil water erosion by used logging practices to 1 year and 3–4 years after closing of works – flysch region

Obnovní technologie/ Logging technology	Paseka (holá seč) traktorová technologie do 1 roku po těžbě ²			Paseka (holá seč) traktorová technologie 3 roky po těžbě ³			Paseka (holá seč) lanovková technologie do 1 roku po těžbě ⁴			Paseka (holá seč) lanovková technologie 4 roky po těžbě ⁵		
	soustředování: po svahu			soustředování: po svahu			soustředování: po svahu			soustředování: po svahu		
	proti svahu ⁶			proti svahu ⁶			proti svahu ⁶			proti svahu ⁶		
Potenciální vodní eroze ¹ mm.rok ⁻¹	Dolní mez ⁷	Střed ⁸	Horní mez ⁹	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez
0,00–0,10	0	6	12	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,11–0,50	14	38	62	1	2	3	0	1	1	0	0	0
	3	9	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0,51–1,00	64	94	124	3	4	6	1	2	3	0	0	0
	16	24	31	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1,01–5,00	126	374	623	6	18	30	3	8	13	0	1	1
	32	93	156	1	4	7	0	1	2	0	0	0
5,01–10,00	624	935	1245	30	44	59	13	20	27	1	2	3
	156	234	311	7	11	15	2	3	4	0	0	0
10,01–14,45	1247	1523	1799	59	72	85	27	33	39	3	3	4
	312	381	450	15	18	21	4	5	6	0	0	1

Captions: ¹Potential water erosion in mm per year; ²Clearcutting, skidder technology to 1 year after closing works; ³Clearcutting, skidder technology, 3 years after closing works; ⁴Clearcutting, high-lead cable way yarding technology to 1 year after closing works; ⁵Clearcutting, high-lead cable way yarding technology, 4 years after closing works; ⁶Skidding or yarding downhill and uphill; ⁷Lower limit; ⁸Middle; ⁹Upper limit

Tab. 6.

Roční sociálně-ekonomická cena (Kč/ha) v závislosti na intenzitě potenciální vodní eroze půdy podle použité technologie přípravy stanoviště pro zalesňování do 1 roku od ukončení prací
Annual socioeconomic price (CZK/ha) in dependence on intensity of potential soil water erosion by using site preparation technology to 1 year from closing of works

Technologie přípravy stanoviště pro zalesn. ¹	Paseka (holá seč) celoplošná příprava radlicí buldozeru ³			Paseka (holá seč) plošková příprava lžící bagru ⁴			Paseka (holá seč) brázdová příprava melioračním pluhem ⁵			Paseka (holá seč) celoplošná příprava shrnovačem klestu ⁶		
	valy po spádnici ⁷			plošky nepravidelně rozmístěné ⁹			brázdy po spádnici ¹⁰			valy po spádnici ⁷		
	valy po vrstevnici ⁸			brázdy po vrstevnici ¹¹			valy po vrstevnici ⁸					
Potenciální vodní eroze ² [mm.rok ⁻¹]	Dolní mez ¹²	Střed ¹³	Horní mez ¹⁴	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez
0,00–0,10	0	9	17	0	5	11	0	273	546	0	1	1
	0	3	7				0	78	156	0	0	0
0,11–0,50	19	53	87	12	33	54	601	1665	2730	1	4	6
	8	21	35				172	476	780	0	1	2
0,51–1,00	89	131	174	55	82	108	2784	4122	5460	7	10	13
	36	52	70				796	1178	1560	2	3	4
1,01–5,00	176	522	870	109	325	540	5514	16407	27300	13	39	65
	70	209	348				1576	4688	7800	4	13	22
5,01–10,00	871	1305	1739	542	811	1081	27354	40975	54600	65	98	130
	348	522	696				7815	11708	15600	22	33	43
10,01–14,45	1741	2127	2513	1082	1322	1562	54654	66777	78896	130	159	188
	696	851	1005				15615	19079	22542	43	53	63

Captions: ¹Site preparation technology for reforestation; ²Potential water erosion in mm per year; ³Clearcutting, windrowing by a bulldozer; ⁴Clearcutting, spot scarifying by an excavator; ⁵Clearcutting, bedding by an ameliorative plow; ⁶Clearcutting, slash-raking into windrows; ⁷Windrows running a downward slope; ⁸Windrows running past contours; ⁹Spots disposed irregularly; ¹⁰Furrows and beds running a downward slope; ¹¹Furrows and beds running past contours; ¹²Lower limit; ¹³Middle; ¹⁴Upper limit

Podle metodiky prezentované v diskusi by se v typu povodí erozně méně citlivém jednalo ca o 6 000 Kč.ha⁻¹ plochy povodí, resp. o 1 200 Kč.m⁻³ těžby dřeva, v typu povodí erozně více citlivém pak ca o 8 000 Kč.ha⁻¹ plochy povodí, resp. o 1 600 Kč.m⁻³ těžby dřeva.

Eroze introskeletová

Ohroženost introskeletovou erozí se odvodí na základě výskytu introskeletové eroze (ISE) v postihovaných lesních typech (LT). Výměru těchto LT získáme (ŠACH et al. 2018) z oblastního plánu rozvoje lesů (OPRL) pro příslušnou přírodní lesní oblast (PLO). Podle stupně ohroženosti a vyplývajících vícenákladů na obnovu lesa byla cena protierozní funkce stanovena pro ohroženost nízkou – 150 tis. Kč/ha, pro ohroženost střední – 200 tis. Kč/ha a pro ohroženost vysokou, velmi vysokou a extrémní – 250 tis. Kč/ha.

DISKUSE

Postupy oceňování půdoochranné funkce lesa se v domácí literatuře vyskytují jen ojediněle. Představené sofistikované metodiky oceňování protierozní funkce lesa při srovnání s metodikou prof. Vyskota (VYSKOT et al. 2003) jsou bližší skutečnosti, protože místo ceny objemu zásoby dřeva využívají lépe představitelné náklady kompenzace jednak na obnovu lesa na stanovištích postihovaných ISE, jednak za čištění vodních toků a nádrží od nánosů, jež jsou důsledkem erozních smyčů nebo kalkulovaným navýšením nákladů prevence na komplexní úpravu povodí. Pro obhospodařované lesní pozemky sestavil sofistikovanou metodiku hodnocení půdoochranné funkce lesa VAVŘÍČEK et al. (2014), ale nepokusil se o její monetární hodnocení.

Na bázi dlouhodobých výzkumů eroze půdy při obhospodařování lesních pozemků byla zpracována řada erozních modelů a následně také postupů protierozní ochrany půdy a vody, tzv. best management practices (BMP). Z této řady lze jmenovat zejména výstupy PACKER, CHRISTENSEN (1977), ROTHWELL (1978), GOLDEN et al. (1984), MAC KEE et al. (1985), NEUMAN (1987), BRITISH COLUMBIA MINISTRY (1987), ROWAN et al. (1988), CULLEN (1988), BC FOREST SERVICE (1992), AMARANTHUS (1994), AUST (1994) či CROKE (2004). Velice kvalitní metodickou studii představil GREGERSEN et al. (2007) pro poměry USA, ale ani on nedospěl k souvztažnému monetárnímu ocenění. Přestože má jejich použitelnost obecně širší záběr, je nutné BMP konstruovat vždy s ohledem na národní přírodní a hospodářsko-technické poměry.

V zahraničí jsou monetární přístupy k oceňování půdoochranné funkce lesa založeny zpravidla na legislativně-ekonomické bázi a nelze je dost dobře porovnávat s naší vypracovanou metodikou. Autoři doporučují oceňovat protierozní funkci lesa při dodržování „best management practices“ poskytováním finančních pobídek a daňových úlev na funkce lesa a služby lesního hospodářství, provedené z iniciativy vlastníků lesa či lesních hospodářů, nikoliv prostřednictvím předem poskytovaných peněžních dotací na ně.

Oceňování půdoochranné protierozní funkce lesa prostřednictvím nákladů kompenzace lze provádět mnohem komplexněji než jenom skrze cenu čištění vodních nádrží a toků odstraněním nánosů sedimentů. Toto komplexní oceňování protierozní funkce je možné provádět uplatněním zvýšených nákladů cílené komplexní úpravy povodí, tedy náklady prevence a kompenzace, jak je diskutováno v následující pasáži.

Tab. 7.

Roční sociálně-ekonomická cena (Kč/ha) v závislosti na intenzitě potenciální vodní eroze půdy podle použité technologie přípravy stanoviště pro zalesňování 2 roky po ukončení prací

Annual socioeconomic price (CZK/ha) in dependence on intensity of potential soil water erosion by using site preparation technology 2 years after closing of works

Technologie přípravy stanoviště pro zalesn. ¹	Paseka (holá seč) celoplošná příprava radlicí buldozeru ³			Paseka (holá seč) plošková příprava lžící bagru ⁴			Paseka (holá seč) brázdová příprava melioračním pluhem ⁵			Paseka (holá seč) celoplošná příprava shrnovačem klestu ⁶		
	valy po spádnici ⁷			plošky nepravidelně rozmístěné ⁹			brázdy po spádnici ¹⁰			valy po spádnici ⁷		
	valy po vrstevnici ⁸						brázdy po vrstevnici ¹¹			valy po vrstevnici ⁸		
Potenciální vodní eroze ² mm.rok ⁻¹	Dolní mez ¹²	Střed ¹³	Horní mez ¹⁴	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez	Dolní mez	Střed	Horní mez
0,00–0,10	0	24	48	0	3	5	0	5	9	0	5	9
	0	9	19				0	1	3			
0,11–0,50	52	145	239	6	16	26	10	29	47	10	28	46
	21	58	95				3	8	13			
0,51–1,00	243	360	477	27	40	52	48	71	94	47	70	93
	97	144	191				14	20	27			
1,01–5,00	482	1433	2384	53	158	263	95	283	471	94	279	464
	193	573	954				27	81	134			
5,0–10,00	2389	3579	4769	263	394	526	472	706	941	465	697	928
	956	1431	1907				135	202	269			
10,01–14,45	4773	5832	6890	526	643	759	942	1151	1360	929	1135	1341
	1909	2333	2756				269	329	388			

For captions see Tab. 6.

Komplexní oceňování protierozní funkce skrze kalkulované zvýšené náklady cílené komplexní úpravy povodí prostřednictvím nákladů prevence a kompenzace

Základem zmíněného ocenění se stal Vzorový projekt pro zvýšení vodohospodářské funkce lesů v povodí vodárenské nádrže (PEŘINA, KREČMER 1979) a v něm pak stať „Ekonomické vyhodnocení“ (s. 98–114), zpracovaná J. Skýpalou. Komplexní úprava byla projektována na dvou povodích v oblasti zvýšeného vodohospodářského zájmu: jednak na povodí erozně méně citlivém (lesní typy řady živné a obohacené humusem, hustota toků 1,57 km.km⁻²), jednak na povodí erozně více citlivém (lesní typy řady živné a oglejené, hustota toků 5,06 km.km⁻²). Zvýšení nákladů je kalkulováno pro hospodaření v příbřežních pásech, pro pěstební činnost, pro soustředování dříví, pro budování a údržbu lesní dopravní sítě a pro hrazení bystřin a lesnické meliorace. Aktuální zvýšení nákladů bylo kvalifikovaným odhadem stanovené v průměru na ca desetinásobek zvýšení nákladů koncem sedmdesátých let minulého století.

Ke zvýšení nákladů na půdoochrannou protierozní funkci při lesnickém hospodaření dochází zejména v příbřežních pásech o šířce 10–20 m, a to na úseku pěstování lesa, soustředování dříví, údržby transportní sítě a lesnických meliorací. Zvýšení nákladů spojených s obnovou lesa v příbřežních pásech spočívá v ručním vyklízení klestu, v navýšení podílu listnáčů a výsadbě jejich (polo)odrostků, v časovém posunu obnovy příbřežních pásů oproti výše na svahu ležícím lesním porostům a v nepoužití mechanizovaného shrnování klestu. Zvýšení nákladů obnovy činí přibližně 70 %. V těžbě dřeva přichází zvýšení nákladů vlivem požadavku směrového kácení a činí ca 5 %.

V důsledku přesunu většiny soustředování na lanové systémy a lanovky, kdy pouze menší část objemu těžby je přenechána lesním kolovým traktorům a nahodilá těžba potahům, se celkové soustředovací náklady zvyšují v průměru o 4,3 % v povodí erozně méně citlivém a o 5,8 % v povodí erozně více citlivém. Zde v důsledku realizace rekonstrukce cestní sítě dojde k určitým úsporám nákladů, vyplývajícím z pronikavého zkrácení soustředovacích vzdáleností v prvním decenniu uplatnění projektu. Přesto ve vodohospodářsky důležitých oblastech při přechodu na víceúčelové obhospodařování činí zvýšení soustředovacích nákladů v povodí erozně méně citlivém 5 %, v povodí erozně více citlivém 14 %. Zvýšení nákladů na nutné asanační práce (potěžeblní úprava pracoviště) při porušení půdního povrchu vzniká převážně při použití traktorů a vyvážecích souprav a představuje částku 18,24 Kč (aktuálně 182,4 Kč) na 1 m³ soustředovaného dříví.

V údržbě a vybavení lesní transportní sítě proti účinkům vody byly náklady na asanaci lesních cest (zrušení nadbytečných lesních cest, jejich

úprava, zatravnění, zalesnění) v povodí erozně méně citlivém kalkulovány ve výši průměrně 20 000 (aktuálně 200 000) Kč.km⁻¹ (kalkulační zvýšení nákladů 40 %). V povodí erozně více citlivém v důsledku nově vybudovaných cest jsou náklady na údržbu ca 10 % jejich pořizovacích nákladů, tj. 40 000 (aktuálně 400 000) Kč.km⁻¹. Pravidelná údržba cestní sítě a odvodňovacích zařízení cest si u živých odvozních cest vyžádá ročně 10 000 (aktuálně 100 000) Kč.km⁻¹, u ostatních cest 5 000 (aktuálně 50 000) Kč.km⁻¹.rok⁻¹ v povodí erozně méně citlivém a 7 000 (aktuálně 70 000) Kč.km⁻¹.rok⁻¹ v povodí erozně více citlivém.

Opatření lesnických meliorací si v povodí erozně méně citlivém vyžádá náklady na vybudování objektů v částce 655 000 (aktuálně 6 550 000) Kč, na údržbu a odpisy objektů 197 000 (aktuálně 1 970 000) Kč v prvním decenniu a 393 000 (aktuálně 3 930 000) Kč ročně v dalších decenniích. V povodí erozně více citlivém jde o objekty s náklady 975 000 (aktuálně 9 750 000) Kč, s roční údržbou a odpisy v částce 293 000 (aktuálně 2 930 000) Kč v prvním a 585 000 (aktuálně 5 850 000) Kč v dalších decenniích. V povodí erozně více citlivém přistupují ještě náklady na odvodnění zbahnělých půd s podílem 10 % celkových pořizovacích nákladů do 6. roku (výstavba), tj. 32 500 (aktuálně 325 000) Kč, pak 5 % z pořizovacích nákladů. V obou typech povodí ještě přistupuje kalkulační zvýšení nákladů na údržbu průtočnosti a stability koryt toků, odstraňování stromů destabilizujících břehy toků a kontroly povodí 3 000 až 4 000, v průměru 3 500 (aktuálně 35 000) Kč na povodí ročně.

Opatření sníží roční odtok (s)plavenin na povodí erozně méně citlivém o 106 tun.rok⁻¹, tj. o 0,3 t.den⁻¹, tedy o 45 %. Na povodí erozně více citlivém bude snížení o 715 t.rok⁻¹, tj. o 2 t.den⁻¹, tedy o 208 %. Zvýšené náklady na intenzifikaci vodohospodářské aktivní funkce lesů, tedy na vodohospodářské služby lesního hospodářství podle decenní od počátku opatření podává přehled v tab. 8.

Pro stabilizaci nákladů během prvních dvou decenníí realizace projektů činí zvýšené náklady na intenzifikaci vodohospodářské aktivní funkce lesů (vodohospodářské služby lesního hospodářství) v typu povodí erozně méně citlivém 600 (aktuálně 6 000) Kč na 1 ha lesní půdy, v typu povodí erozně více citlivém 800 (aktuálně 8 000) Kč na 1 ha lesní půdy. Při normální výši těžby činí podíl zvýšených nákladů v prvním typu povodí 120 (aktuálně 1 200) Kč.m⁻³ těžby dřeva, ve druhém typu povodí 160 (aktuálně 1 600) Kč.m⁻³ těžby dřeva. Následně bude třeba řešit začleňování těchto zvýšených nákladů prostřednictvím poskytování nákladů prevence a kompenzace za vodohospodářské služby lesního hospodářství do jeho odvětvové ekonomiky.

Kalkulaci zvýšených nákladů na intenzifikaci vodohospodářské aktivní funkce lesů, tedy na vodohospodářské služby lesního hospodář-

Tab. 8.

Zvýšené náklady na intenzifikaci vodohospodářské aktivní funkce lesů, tedy na vodohospodářské služby lesního hospodářství
Increased costs on intensification of water management forest function, i.e. on water management services of forest management

Roční kalkulační zvýšené náklady aktuální pro typ erozně méně citlivého povodí ¹			Roční kalkulační zvýšené náklady aktuální pro typ erozně více citlivého povodí ²		
1. decennium	2. decennium	3. decennium	1. decennium	2. decennium	3. decennium
na 1000 ha lesa ³					
6 969 600	6 150 700	5 826 400	9 447 700	7 833 400	8 234 100
na 1 000 m ³ těžby dřeva ⁴					
922 500	476 400	342 100	496 500	478 500	600 500

Captions: ¹Annual calculative increased costs actual for type erosively less vulnerable catchment; ²Annual calculative increased costs actual for type erosively more vulnerable catchment; ³per 1 000 ha of forest; ⁴per 1 000 m³ of logged timber

ství, lze provést konkrétně pro určité povodí, nebo obecně modelově jednak pro typ povodí erozně méně citlivého, jednak pro typ povodí erozně více citlivého pro lesní povodí s vodohospodářskými funkcemi, zejména v perimetrech vodárenských nádrží a toků a v chráněných oblastech přirozené akumulace vod (CHOPAV).

ZÁVĚR

V předchozí studii (ŠACH et al. 2018) bylo provedeno ocenění protierozní funkce lesa při změně lesnického využívání pozemků na jiný, nelesnický typ. Na základě výsledků této studie vznikl požadavek ocenit protierozní funkci lesa také při jeho běžném obhospodařování, zvláště při využívání různých technologických postupů obnovy lesa s mechanizačními, popř. animálními prostředky. V úvodu byl shrnut vliv mechanizace provádějící těžební a dopravní práce a přípravu půdy na poškozování a erozi lesní půdy těžebními a dopravními stroji a mechanizačními prostředky pro přípravu stanoviště k zalesňování. Čtyřmi hlavními faktory poškozování lesní půdy jsou (1) přírodní poměry ve výrobě, (2) vlastnictví lesního fondu, (3) technologie těžby a soustředování dříví a přípravu stanoviště k zalesňování a (4) konečně těžební, dopravní a půdní stroje samotné. Výzkumné analýzy vypracované v minulých letech ukázaly na vysoký potenciál např. pro z hlediska poškozování půdy obávanou harvesterovou technologii. Tato technologie by přitom byla využitelná téměř na 70 % lesních pozemků ČR (DVOŘÁK, NATOV 2016). Získané hodnoty indikovaly příznivé výsledky zejména pro JMP s lanovým systémem polozávěs (proti svahu) a pro harvestory s vyvážecí. I když dopravní lanové systémy narušují menší plochy terénu, s ohledem na řídní síť přibližovacích linek mohou mít dopady na vznik erozních rýh při soustředování dříví v polozávěsu jednorázově vyšší než harvestory a forwardery.

Do 1 roku od ukončení těžebních prací nižší ocenění menší eroze, a tím vyšší protierozní funkce lesa, byla pro lanovkové a animální technologie soustředování dříví. Naopak nejvyšší ocenění velké eroze, a tím i nižší protierozní funkce lesa, vykazovaly traktorové technologie soustředování dříví skidderů zejména v terénu se sníženou únosností a po svahu. Tento poměr byl zachován i 3 roky od ukončení prací, i když s výrazně nižšími hodnotami ceny eroze. Obdobně jako v oblasti krystalinika tomu bylo ve flyšové oblasti.

Přemístování půdního svršku při přípravě stanoviště jen na krátké vzdálenosti ovlivnilo protierozní funkci zejména z produkčního hlediska, ale celoplošná příprava vykazovala erozní předpoklady mnohokrát vyšší. Při přípravě stanoviště buldozerem s klučicí radlicí byla 1 rok od ukončení prací cena eroze nižší než u brázdivé přípravy melioračním pluhem. Situace se však obrátila 2 roky od ukončení prací. Cena eroze po přípravě stanoviště buldozerem s klučicí radlicí výrazně vzrostla, u brázdivé přípravy melioračním pluhem výrazně poklesla. Výrazný vliv na velikost ceny eroze mělo směřování přípravy, vyšší cena eroze při přípravě po spádnicí, nižší po vrstevnici.

Jednorázová společenská sociálně-ekonomická cena protierozní funkce lesa u introskeletové eroze se podle stupně ohroženosti odvozeného z lesních typů a vyplývajících vícenákladů na obnovu lesa stanovila na 150 000–250 000 Kč.ha⁻¹, v průměru na 200 000 Kč.ha⁻¹ (ŠIŠÁK et al. 2010).

Oceňování půdoochranné protierozní funkce lesa prostřednictvím nákladů kompenzace lze provádět mnohem komplexněji než jenom skrze cenu čištění vodních nádrží a toků odstraněním nánosů sedimentů. Toto komplexní oceňování protierozní funkce lze provádět uplatněním zvýšených nákladů cílené komplexní úpravy povodí, tedy náklady prevence a kompenzace. Kalkulaci zvýšených nákladů na intenzifikaci vodohospodářské aktivní funkce lesů, tedy na vodohospodářské služby lesního hospodářství, lze provést konkrétně pro

určité povodí, nebo obecně modelově jednak pro typ povodí erozně méně citlivého, jednak pro typ povodí erozně více citlivého pro lesní povodí s vodohospodářskými funkcemi, zejména v perimetrech vodárenských nádrží a toků a v chráněných oblastech přirozené akumulace vod (CHOPAV). Zvýšení nákladů je kalkulováno pro hospodaření v příbřežních pásech, pro pěstební činnost, pro soustředování dříví, pro budování a údržbu lesní dopravní sítě a pro hrazení bystřin a lesnické meliorace. Následně bude třeba řešit začleňování těchto zvýšených nákladů prostřednictvím poskytování nákladů prevence a kompenzace za vodohospodářské služby lesního hospodářství do jeho odvětvové ekonomiky (Severomoravské státní lesy 1979).

Velmi dobré pojednání o půdní erozi podle různých podmínek jejího vznikání při strojních technologiích těžeb a pohybu dříví obsahuje již práce PUKLOVÁ-KREČMEROVÁ (1987). Autorka používá ještě přidání rozsahu těžeb a pohybu s dřevem v lesích, které bylo aplikováno za lesní imisní kalamity.

Autory v diskusi zmiňovaný projekt komplexní úpravy povodí v Beskydech použili v zahraničí svého času s úspěchem v sibiřském odboru AV SSSR (prof. V. V. Protopopov – osobní sdělení) k úpravě půdní eroze při tamních velkoplošných strojních těžbách na povodí přítoku Bajkalu velké řeky Selengy (průměrný průtok 9 000 m³/s) k ochraně čistoty vod přísně chráněného jezera. V zámoří jsou monetární přístupy k oceňování půdoochranné funkce lesa založeny zpravidla na legislativně-ekonomické bázi a nelze je dost dobře porovnávat s námi vypracovanou metodikou.

Poděkování:

Výzkum byl financován z podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZe projektu NAZV č. QJ1530032 „Aktuální a strategické možnosti trvale udržitelného poskytování funkcí lesa a služeb polyfunkčního lesního hospodářství veřejnosti z hlediska sociálně-ekonomického, politického a právního v České republice“. Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0118.

LITERATURA

- AGHERKAKLI B., NAJAFI A., SADEGHI S. 2010. H. Ground base operation effects on soil disturbance by steel tracked skidder in a steep slope of forest. *Journal of Forest Science*, 56 (6): 278–284.
- AKBARIMEHR M., JALILVAND H. 2013. Considering the relationship of slope and soil loss on skid trails in the north of Iran (a case study). *Journal of Forest Science*, 59 (9): 339–344.
- ALLMAN M., JANKOVSKÝ M., ALLMANOVÁ Z., FERENČÍK M., MESSINGEROVÁ V. 2017. Negativní dopady těžbovo-dopravných technologií na lesní půdu a možnosti prevence v lesoch Slovenska. [Negative impacts of timber logging practices on forest soils and precaution possibilities in the Slovak forests]. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 132 s.
- AMARANTHUS M.P. 1994. Sustaining forest soil productivity. Woodland owner's guide. Portland (Oregon), Pacific Northwest Research Station: Nestr.
- AUST W.M. 1994. Best management practices for forested wetlands in the Southern Appalachian Region. *Water, Air and Soil Pollution*, 77 (3/4): 457–468.
- BC FOREST SERVICE. 1992. Soil conservation guidelines for timber harvesting. Interior British Columbia. Victoria (BC.), Province of British Columbia, Ministry of Forests, Timber Harvesting: [6] s. BC Forest Service Publications, FS 516.

- BERG S. 1995. Terrain classification system for forestry work. Kista, Forskningsstiftelsen Skogsarbeten: 28 s.
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY of Forests and Lands. 1987. Better harvesting practices for protecting forest soil. Victoria, Ministry of Forests and Lands: 29 s.
- CROKE J. 2004. Hydrology. Soil erosion control. In: J. Burley, J. et al. (ed.): Encyclopedia of forest sciences. Amsterdam, Elsevier: 387–397.
- CULLEN J.B. 1988. Best management practices for erosion control on timber harvesting operations in New Hampshire. Resource manual. New Hampshire, Department of Resources and Economic Development, Division of Forest and Lands, Forest Information and Planning Bureau: 26 s.
- DANKO M., JUŠKO V. 2014. Zanášanie vodnej nádrže Hnusno II. a erózný potenciál povodia. [Siltation of water reservoir Hnusno II and erosion potential of catchment]. In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 56 (Suppl. 1): 125–141.
- DRUSHKA K., KONTTINEN H. 1998. Spuren in Wald. Die Entwicklung von Forstmaschinen. Helsinki, Timberjack Group: 250 s.
- DVOŘÁK J., NATOV P. 2016. Plošný výrobní potenciál pro harvesterovou technologii v ČR k 31. 12. 2015 (specializované mapy s odborným obsahem). Praha, ČZU v Praze: 32 s.
- DVOŘÁK J., BYSTRICKÝ R., HOŠKOVÁ P., HRIB M., JAROVSKÁ M., KOVÁČ J., KRILEK J., NATOV P., NATOVÁ L. 2011. The use of harvester technology in production forests. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 156 s.
- GOLDEN M.S., TUTTLE C.L., KUSH J.S., BRADLEY J.M. 1984. Forestry activities and water quality in Alabama: effects, recommended, practices, and erosion classification system. Bulletin No. 555. Auburn (Alabama), Agricultural Experiment Station Auburn University: 87 s.
- GREGENSEN H.M., FOLLIOTT P.F., BROOKS K.N. 2007. Integrated watershed management connecting people to their land and water. Cambridge (UK), Cambridge University Press: 201 s.
- HAAS J., ELLHÖFT K. H., KICHNER H., LANG F. 2015. Gleisbildung bei der Befahrung mit Forwarder. Forst und Technik, 2: 20–24.
- HEUBAUM F. 2015. Bodenschutz im Staatsbetrieb Sachsenforst. Projekte zur Technologiererprobung [online]. Sachsen: Staatsbetrieb Sachsenforst: 10 s. [cit. 2018-02-02]. Dostupné na: Available on: https://www.sbs.sachsen.de/download/Bodenschutz_Projekte_2015_09_30.pdf
- JAVŮREK P., DVOŘÁK J. 2018. Evaluation of total time consumption in harvester technology deployment in conditions of the forest sector of the Czech Republic. Journal of Forest Science, 64 (1): 33–42.
- KORMANEK M., DUSZYNSKI L., DVOŘÁK J. 2013. Okreslenie deformacji szlaku zrywkowego wywołanego wielokrotnym przejazdem harwestera gasienicowego MHT 8002HV. [Determination of the skidding road deformation caused by multiple crossings of MHT 8002HV Caterpillar harvester]. Inżynieria Rolnicza – Agricultural Engineering, 147 (4): 129–151.
- LAFFAN M., JORDAN G., DUHIG N. 2001. Impacts on soils from cable-logging steep slopes in northeastern Tasmania, Australia. Forest Ecology and Management, 144 (1/3): 91–99.
- Lesnický naučný slovník. 1994. 1. díl. A – O. [Forestry Encyclopaedia. Vol. 1. A – O]. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 743 s.
- LUKÁČ T. 2005. Viacoperačné stroje v lesnom hospodárstve. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 137 s.
- MAC KEE W.H., HATCHELL G.E., TIARKS A.E. 1985. Managing site damage from logging. A loblolly pine management guide. Asheville, N. C., Southeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service: 21 s. General Technical Report, SE-32.
- MALÍK V., DVOŘÁK J. 2007. Harvesterové technologie – vliv na lesní porosty. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 82 s.
- MLNU. 2008. Bodenschutz und Holzernte. Erfurt, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt: 24 s.
- MODRÝ M., HUBENÝ D. 2003. Impact of skidder and high-lead system logging on forest soils and advanced regeneration. Journal of Forest Science, 49 (3): 273–280.
- MOSKALIK T., BORZ S.A., DVOŘÁK J., FERENČÍK M., GLUSHKOV S., MUISTE P., LAZDIŇŠ A., STYRANIVSKY O. 2017. Timber harvesting methods in eastern European countries: a review. Croatian Journal of Forest Engineering, 38 (2): 231–241.
- NEUMAN L. 1987. Silviculture and Best Management Practices. In: Erosion Control – you're gambling without it. Proceedings of conference XVIII, International Erosion Control Association, February 26 & 27, 1987, Reno, Nevada. Pinole, CA, International Erosion Control Association: 145–155.
- MZe. 2017. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. [Report on forest condition and forest management of the Czech Republic 2016]. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 128 s.
- PACKER P.E., CHRISTENSEN G.F. 1977. Guides for controlling sediment from secondary logging roads. Ogden (Utah), Intermountain Forest and Range Experiment Station: 42 s.
- PEŘINA V., KREČMER V. (ed.) 1979. Vzorový projekt pro zvýšení vodohospodářské funkce lesů v povodí vodárenské nádrže. Sborník celostátní konference. Ostrava, Dům techniky ČSVTS: 124 s.
- PUKLOVÁ-KREČMEROVÁ V. 1987. Eroze půdy v horských lesích v důsledku imisních těžeb. [Soil erosion in the mountain forests during forest disaster caused by air pollution]. In: Opera Corcontica, 24. Sborník vědeckých prací z Krkonošského národního parku. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 15–38.
- RAB M.A. 1994. Changes in physical properties of a soil associated with logging of *Eucalyptus regnans* forest in southeastern Australia. Forest Ecology and Management, 70 (1/3): 215–229. DOI: 10.1016/0378-1127(94)90088-4
- ROTHWELL R.L. 1978. Watershed management guidelines for logging and road construction in Alberta. Edmonton, Alberta, Environment Canada, Forestry Service: 43 s. Information Report NOR-X-208.
- ROWAN A.A., BINNS W.O., NESBIT T.R., EDWARDS A.M.C., GREENE L.A., MILS D.H., SAYERS A.M., SMITH H., SOLBE J.F., STONNER J.S., DONALD A.P., WELSH W.T. 1988. Forests and water. Guidelines. Edinburg (United Kingdom), Forestry Commission: 28 s.
- Severomoravské státní lesy. 1979. Demonstrační objekt pro obhospodařování lesů vodohospodářsky důležitých, Lesní závod Ostravice. Ostravice, Severomoravské státní lesy: 24 s.
- SIMANOV V., MACKŮ J., POPELKA J. 1993. Nový návrh terénní klasifikace a technologické typizace. Lesnictví – Forestry, 39 (10): 422–428.

- ŠACH F. 1984. Poznatky o poškozování půdy těžebními stroji ve Finsku. Lesnická práce, 63 (1): 26–30.
- ŠACH F., ČERNOHOUS V., ŠIŠÁK L. 2003. Oceňování půdoochranné funkce lesa. [Contribution to monetary valuation of soil conservation function]. Zprávy lesnického výzkumu, 48 (1): 45–49.
- ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2009. Metodické postupy ochrany lesních pozemků proti erozi. [Forest land conservation guidelines for soil erosion control]. Recenzovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 54 s. Lesnický průvodce 1/2009.
- ŠACH F., ŠIŠÁK L., ČERNOHOUS V., ŠPULÁK O. 2018. Postupy oceňování půdoochranné funkce lesa prostřednictvím nákladů kompenzace při převodu lesních pozemků na pozemky nelesní. [Procedures of pricing erosion control function of the forest using compensation costs at conversion of forest lands into non-forest ones]. Zprávy lesnického výzkumu, 63 (2): 120–128.
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., ŠVIHLA V., PULKRAB K., ČERNOHOUS V. 2010. Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa. [Methodology of societal socially-economic valuation of forest functions importance. Peer review methodology]. Recenzovaná metodika Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 36 s.
- ŮHŮL. 2007. Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 34 s.
- ULRICH R., ŠTOREK V., SCHLAGHAMERSKÝ A. 2002. Použití harvesterové technologie v probírkách. [Use of harvester technology in thinning]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 97 s.
- ULRICH R., VAVŘÍČEK D. 2013. Certifikovaná metodika ukazatelů a systému technologických postupů v rámci těžební činnosti a udržitelného využívání lesních ekosystémů. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 42 s.
- VAVŘÍČEK D., ULRICH D., KUČERA A. 2014. Ochrana půdy v těžebně-dopravní činnosti. [Soil protection during timber harvesting operations]. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 99 s.
- VÝSKOT I., KAPOUNEK L., KREŠL J., KUPEC P., MACKŮ J., ROŽNOVSKÝ J., SCHNEIDER J., SMÍTKA D., ŠPAČEK F., VOLNÝ S. 2003. Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů České republiky. Praha, Ministerstvo životního prostředí: 186 s.

PROCEDURES OF PRICING EROSION CONTROL FUNCTION OF THE FOREST USING PARTICULARLY MECHANIZED LOGGING AND SITE PREPARATION PRACTICES

SUMMARY

Pricing the erosion control function of the forest at changing forestry use of lands to other, non-forestry use was done in the recent study (ŠACH et al. 2018). On the basis of those results, the request emerged to price erosion control function of the forest also at common forestry management. It represents various technological procedures of forest reproduction using mechanization or possibly animal power. These means, carrying out timber logging and transport, and site preparation for reproduction initiate forest soil disturbance and erosion. Four principal factors having effect on forest soil disturbance are: (1) natural conditions at forest production, (2) ownership of forest resources, (3) technology of timber felling and yarding and site preparation for forest reproduction, (4) logging and forwarding machines, and site preparation machines.

The research analyses, worked out in the last years, indicated favourable results especially for chain saw felling and uphill high lead yarding, and for harvester felling with forwarding. The harvester and forwarder technology, which was initially considered to have high potential for soil disturbance, can create even shallower rills than cable highlead system, of which yarding track network is rarer and so more loaded. The harvester and forwarder technology could be actually usable on 70% of forest lands in the Czech Republic (DVOŘÁK, NÁTOV 2016). Up to 1 year from completion of logging works, the skyline yarding or animal skidding proved lower price of smaller soil erosion, and therefore good soil erosion control function of the forest. On the contrary, the higher price of greater erosion, and therefore lower soil erosion control function of the forest proved skidder technology, especially downhill in terrains with decreased soil bearing capacity (Tab. 3). The relation has been kept also 3 years from completion of logging works with substantially lower prices of erosion (Tab. 4). Similarly as in the crystalline complex, it was like in the flysch region (Tab. 5).

At site preparation for forest reproduction, displacement of surface soil layers occurs. Displacement of surface soil only on short distance affected soil erosion control function of the forest especially from production perspective. Nevertheless, broadcast site preparation by bulldozer equipped with tooth blade (i. e. stump share) created erosion presumptions many times higher. However, price of erosion at site preparation by bulldozer with tooth blade was 1 year from completion of works lower than at bedding preparation by ameliorative plough (Tab. 6). The situation turned after 2 years from completion of works. Price of erosion at site preparation by bulldozer with tooth blade grew substantially, and at bedding preparation by ameliorative plough it noticeably fell (Tab. 7). Considerable effect on price of erosion possessed direction of site preparation: higher price was at downhill site preparation, lower price was at site preparation along the contour (Tab. 6 and 7).

Lump-sum community socio-economic price of soil erosion control of forest for introskeletal erosion was determined by degree of exposure derived from forest types (ŠACH et al. 2018). Resulting multi-costs on forest reproduction were assessed equal to 150,000–250,000 CZK per 1 ha, which means 200,000 CZK per 1 ha on average (ŠRŠÁK et al. 2010).

Pricing of soil erosion control of forest through compensation costs is possibly pursued more complex than only through price of clearing of water reservoirs and water streams by removal of sediment load. The complex pricing of soil erosion control function of the forest is possible to accomplish by use of increased costs of prescribed complex watershed arrangement, so called costs of prevention and compensation. The base of the mentioned pricing was established by the project called “The model design for increase of water management function of the forests in the catchment of water-supply reservoir” accomplished by PEŘINA, KREČMER (1979). The calculation of increased costs on intensification of water management active function of the forest, i.e. water management services of the forest and forestry, is possible to realize concretely for the special watershed or generally by the model procedure for two types of watersheds: (1) for the type of erosively less sensitive, and (2) for the type of more erosively sensitive watershed. There are watersheds with water management functions, especially in perimeters of water supply reservoirs and streams, and in protected regions of natural storage of water. Cost increase was calculated for management in riparian areas, silviculture, timber logging, construction and maintenance of forest transportation network, for torrent control and forest amelioration. Subsequently, it will be possible to solve inclusion of the increase costs through providing of prevention and compensation costs for water management services of forest management into branch economy of forest enterprises.

Pricing of soil erosion conservation function of the forest occurs in home literature only sporadically. The present sophisticated methods of this function pricing are comparable with methods of VYSKOT et al. (2003) but our methods are closer to reality. Instead of price of timber supply volume (VYSKOT et al. 2003), our methods use better imaginable costs of compensation for forest reproduction on sites endangered by introskeletal erosion, for clearing of water reservoirs and water streams by removal of sediment load as consequence of erosion soil washing or calculated costs of prevention raise at complex arrangement of watershed. Similarly, VAVŘÍČEK et al. (2014) created sophisticated methods for evaluation of soil conservation function of the forest on lands with forestry use and management but he did not try to assess it monetary. In foreign countries, the monetary access to pricing of this function is usually based on the legislatively economic base. Foreign authors recommend to price erosion control function of the forest by providing of incentive payments and tax relief for forest and forestry services when keeping “the best management practices”. The owners or forest managers performed these services on their own initiative, not for receiving subsidies in advance. These payments were not possible to compare with methods worked out by us because our procedures were based on compensation costs and on increase of prevention costs.

Zasláno/Received: 21. 03. 2018

Přijato do tisku/Accepted: 25. 09. 2018