

OCEŇOVANIE VODOOCHRANNEJ EKOSYSTÉMOVEJ SLUŽBY LESA METÓDOU ALTERNATÍVNYCH NÁKLADOV NA PRÍKLADE VYBRANÝCH VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ SLOVENSKA

VALUATION OF WATER PROTECTION ECOSYSTEM SERVICE OF THE FOREST BY THE ALTERNATIVE COSTS METHOD ON THE EXAMPLE OF WATER RESERVOIRS IN SLOVAKIA

MAREK TRENČIANSKY¹⁾ ✉ - MARTINA ŠTĚRBOVÁ^{1,2)} - JOZEF VÝBOŠŤOK¹⁾

¹⁾Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra ekonomiky a riadenia lesného hospodárstva, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

²⁾Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný Ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: trenciansky@tuzvo.sk

ABSTRACT

The aim of the paper is the quantification of the water protection ecosystem service of the forest by the method of alternative costs based on the analysis of selected water reservoirs from the region of Central Slovakia. An alternative to providing ecosystem services in this case is the cost of drinking water treatment. Based on the analysis of water treatment costs in the time period 2011–2015 of the Málinec, Klenovec and Turček water reservoirs and the forest cover of their catchments, the dependence between forest cover and the costs of drinking water treatment is quantified. Results of the regression function confirmed the dependence between forest cover and costs of drinking water treatment. The forest water protection service is determined as a potential saving of costs for water treatment of water management companies in the existence of a certain share of forest cover of the catchment. The value of this service in the case of analysed water reservoirs is in the range from 1.67 to 8.90 €. ha⁻¹year⁻¹.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčové slová: kvalita vody, lesníctvo, lesné ekosystémové služby

Key words: water quality; forestry; forest ecosystem services

ÚVOD

Voda je základnou komoditou a podmienkou života. Rast počtu obyvateľstva, zvyšovanie životnej úrovne, rastúca hospodárska činnosť zvyšujú nároky na spotrebu vody. Napriek tomu, že voda pokrýva takmer 71 % celého zemského povrchu, len 2,6 % z celkového množstva vody je voda sladká a iba 0,27 % sladkej vody je vhodné pre výrobu pitnej vody (IŽOVÁ 2006).

Následkom obmedzených zdrojov sa voda postupne stáva dôležitým kapitálom a strategickou surovinou. Cena vody v Slovenskej republike (SR) medzi rokmi 1989 a 2020 vzrástla viac než štyridsaťnásobne – bez ohľadu na to, že jej spotreba medzi rovnakým obdobím klesla na polovicu. Priemerná cena vody a nákladov na jej dodanie je v súčasnosti 1,12 €/m³. Po pripočítaní nákladov za odvod a čistenie odpadovej vody (1,07 €/m³) dosahuje priemerná cena za dodanie a odvod vody hodnotu 2,2 €/m³ (Cena vody 2021). Kvalita pitnej vody v SR dlhodobo vykazuje vysokú úroveň. Počet obyvateľov zásobovaných vodou

z verejných vodovodov v roku 2018 dosiahol 89,25 %. Spotreba vody v domácnostiach má klesajúci charakter. Najvyššiu hodnotu dosiahla v roku 1990 – 195,5 l.obyv⁻¹.deň⁻¹, v roku 2000 to bolo 120 l.obyv⁻¹.deň⁻¹, od roku 2008 sa špecifická spotreba vody pohybuje na úrovni 80 l.obyv⁻¹.deň⁻¹ (KOREŇOVÁ 2016).

V SR sa na odber pitnej vody využívajú podzemné zdroje (82,2 %) a povrchové zdroje (17,8 %). Takmer všetka pitná voda z povrchových zdrojov je viazaná na lesné ekosystémy, čo odzrkadľuje fakt, že prevažná väčšina vodárenských nádrží využívaných na „výrobu“ pitnej vody, ako aj odberných miest pitnej vody sa nachádza v zalesnených územiach (napr. vodné zdroje Turček, Málinec, Hriňová, Klenovec, Starina, Nová Bystrica). Napriek tomu, že služby súvisiace s vodou boli zaradené medzi kľúčové ekosystémové služby lesa (HAMMILTON et al. 2008; ČABOUN et al. 2010; ROBINSON, COSANDEY 2011) a takmer všetky povrchové zdroje pitnej vody sa tvoria v lesoch, sú lesní hospodári v „obchodnom reťazci“ s touto strategickou surovinou vylúčení.

Rast cien vody je spájaný s rastom nákladov na jej „výrobu“. Výška nákladov závisí od vzdialenosti vodného zdroja od miesta odberu, charakteru vodného zdroja (podzemný, povrchový), investícií vodárenskej spoločnosti do rozvodnej a distribučnej siete, počtu odberných miest a od výšky nákladov spojených s úpravou vody. Alternatívou znižovania nákladov „výroby“ pitnej vody je využitie pozitívnych externých efektov lesných ekosystémov na kvalitu a kvantitu vody. ŠIŠÁK et al. (2002); ŠIŠÁK, PULKRAB (2008); NEARY, et al. (2009); SUKHDEV et al. (2010) zdôrazňujú, že udržateľnejšie a kvalitnejšie vodné zdroje pochádzajú z lesných ekosystémov. Na druhej strane, poľnohospodárstvo a urbanizácia sú hlavnými zdrojmi živín a xenobiótík, ktoré zhoršujú kvalitu vody (BENNETT et al. 2001).

Cieľom práce je kvantifikovať vodoochrannú hydrickú ekosystémovú službu lesa na základe analýzy nákladov na úpravu vody vo vzťahu k lesnatosti vodárenských nádrží. V súčasnosti absentuje jednotná metodika kvantifikácie vodoochrannej ekosystémovej služby lesa. Objektívna kvantifikácia tejto ekosystémovej služby lesa je pomerne zložitá, nakoľko vplyv lesa na kvalitu a kvantitu vodných zdrojov nie je predmetom trhu. Trhové mechanizmy v ľudskej spoločnosti však vyžadujú schopnosť vyjadrovať celospoločenské funkcie lesov vo vecnej, resp. hodnotovej dimenzii, a umožňujú tak ich spoločenské a finančné ohodnotenie (VYSKOT 2003). Z tohto dôvodu je nutné pre takúto funkciu vytvoriť podmienky trhu analogickým spôsobom. Z metodického hľadiska pri kvantifikácii vodoochrannej ekosystémovej služby lesa vychádzame z konceptu metódy alternatívnych nákladov.

MATERIÁL A METODIKA

Metóda alternatívnych nákladov využíva na ocenenie hodnotu nákladov alternatívneho zabezpečenia vodoochrannej funkcie. Alternatívou k zabezpečeniu vodoochrannej funkcie lesných ekosystémov v tomto prípade sú náklady na úpravu pitnej vody. Zdrojom údajov o nákladoch na úpravu pitnej vody boli vyselektované náklady z účtovných dokladov spoločnosti „Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s., Banská Bystrica,“ na spotrebu chemických látok na úpravu pitnej vody (kyselina chlorovodíková, hydrant vápenný, sírany, škrob a pod.) v danej vodárenskej nádrži v priebehu skúmaného roka. Náklady na nákup, resp. spotrebu chemických látok na úpravu vody tvoria najvyššiu položku prevádzkových nákladov na úpravu vody. Na základe analýzy nákladov na úpravu vody v troch vodárenských nádržiach stredného Slovenska (Málinec, Klenovec, Turček) v časovom rade 2011–2015 a analýzy lesnatosti zostrojíme rovnicu závislosti priemerných nákladov na úpravu vody v závislosti od podielu lesnatosti povodia. V ďalšom kroku vypočítame rozdiel priemerných nákladov na úpravu vody jednotlivých vodárenských nádrží v sledovanom období a modelových nákladov stanovených lineárnou regresnou rovnicou pri modelovom zalesnení 0 %. Tento nákladový rozdiel predstavuje úsporu priemerných nákladov na úpravu vody, resp. príspevok lesných porastov k vodoochrannej ekosystémovej službe. Vychádzame pritom z predpokladu, že v prípade absencie lesa by vodárenské spoločnosti vynaložili vyššie náklady na úpravu vody.

Hodnotu vodoochrannej ekosystémovej služby lesa pre jednotlivé lesné porasty v povodiach vodárenských nádrží vypočítame nasledovným prepočtom:

$$HVL = \frac{DN * OV}{PL} \quad (1)$$

kde: HVL - hodnota vodoochrannej ekosystémovej služby lesa (€·ha⁻¹·rok⁻¹)

DN - rozdiel skutočných priemerných nákladov na úpravu vody a modelových nákladov pri lesnatosti 0 % (€·m⁻³)

OV - priemerný objem upravenej vody vodárenskou nádržou (m³)

PL - lesná plocha povodia vodárenskej nádrže (ha)

Objekt výskumu

Objektom výskumu sú 3 vodárenské nádrže (VN) a ich povodia v regióne stredného Slovenska: VN Málinec, VN Klenovec a VN Turček.

VN Málinec

Vodárenská nádrž Málinec bola vybudovaná v rokoch 1986–1993. Dôvodom výstavby boli najmä pretrvávajúce problémy s pitnou vodou v regióne a s protipovodňovou ochranou na hornom toku rieky Ipeľ. Pitnou vodou z nádrže sú zásobované okresy Lučenec, Poltár, Rimavská Sobota a Veľký Krtíš. Nádrž je situovaná medzi Veporskými a Stolickými vrchmi v okrese Poltár. Vodná plocha predstavuje 1,54 km² s objemom 26,6 mil. m³ (Slovenský vodohospodársky podnik 2021). Plocha povodia je 78,7 km² s lesnatosťou 56,11 % (ZAUŠKOVÁ 2003). Priemerný ročný objem odobratej pitnej vody v analyzovanom období 2011–2015 bol 2,6 mil. m³ (*Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s., Banská Bystrica*).

VN Klenovec

Vodárenská nádrž Klenovec bola vybudovaná v rokoch 1968–1973. Rozprestiera sa podobne ako VN Málinec medzi Veporskými a Stolickými vrchmi v okrese Rimavská Sobota, nad obcou Klenovec. Prítokom tejto nádrže je rieka Klenovská Rimava. VN Klenovec poskytuje pitnú vodu pre obyvateľov v okrese Rimavská Sobota. Voda z nádrže tiež slúži na výrobu elektriny v dvoch vodných elektrárnach. Vodná plocha predstavuje 0,66 km² s objemom 8,43 mil. m³ (Slovenský vodohospodársky podnik 2021). Plocha povodia je 92,12 km² s lesnatosťou 70,8 % (ZAUŠKOVÁ 2003). Priemerný ročný objem odobratej pitnej vody v analyzovanom období 2011–2015 bol 2,5 mil. m³ (*Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s., Banská Bystrica*).

VN Turček

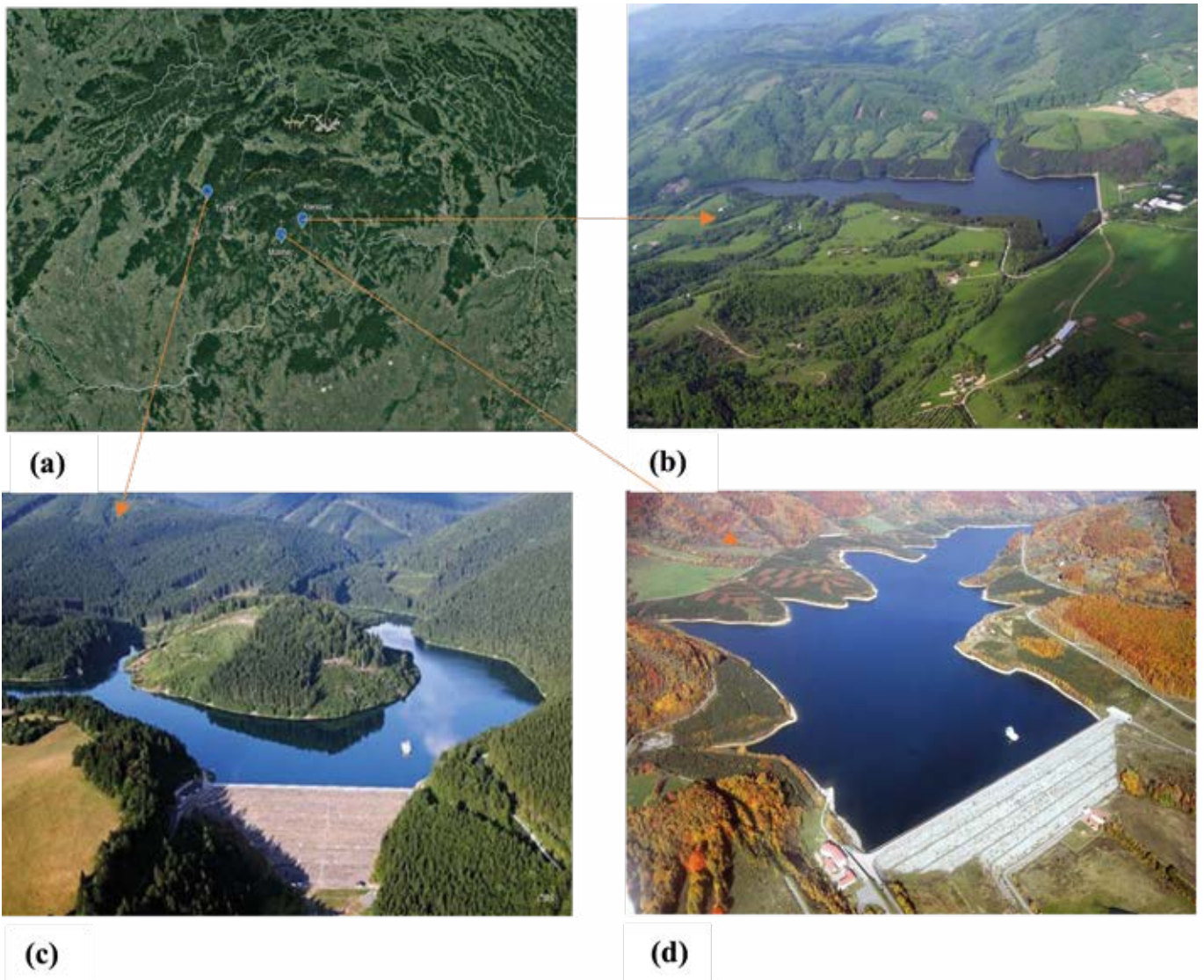
Vodárenská nádrž Turček bola zrealizovaná v rokoch 1993–1996. Nádrž sa nachádza nad obcou Turček v Kremnických vrchoch v okrese Turčianske Teplice, na sútoku riek Turiec a Ružová. Hlavnou funkciou je funkcia zásobárne pitnej vody pre okresy Prievidza, Žiar nad Hronom a Martin. Vodná plocha predstavuje 0,54 km² s objemom 10,6 mil. m³ (Obec Turček 2021). Plocha povodia je 28,96 km² s lesnatosťou 100 % (ZAUŠKOVÁ 2003). Priemerný ročný objem odobratej pitnej vody v analyzovanom období 2011–2015 bol 3,5 mil. m³ (*Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s., Banská Bystrica*).

Analyzované vybrané vodárenské nádrže a ich pozícia v rámci Slovenska sú zobrazené na obr. 1.

VÝSLEDKY

Vstupné údajmi výskumu sú priemerné náklady na úpravu vody vodárenských nádrží a v časovom rade a lesnatosť ich povodií (tab. 1) a kvalitatívne ukazovatele vody pred jej úpravou (tab. 2).

Najnižšie náklady na úpravu vody v sledovanom časovom rade sú pri vodárenskej nádrži Turček, ktorá má zároveň najvyššie pokrytie povodia lesom. Náklady na úpravu vody predstavujú náklady spotrebovaného chemického materiálu. Ide predovšetkým o chloritan sodný, kyselinu chlorovodíkovú, škrob, síran železitý, manganistan draselný, hydrát vápenný a iné.



Obr. 1. Analyzované vodárenské nádrže: (a) Umiestnenie vodárenských nádrží, (b) Vodárenská nádrž Klenovec, (c) Vodárenská nádrž Turček, (d) Vodárenská nádrž Málinec (zdroj: Google Earth, Slovenský vodohospodársky podnik 2021)

Fig. 1. Analyzed water reservoirs: (a) Location of water reservoirs, (b) Water reservoir Klenovec, (c) Water reservoir Turček, (d) Water reservoir Málinec (source: Google Earth, Slovenský vodohospodársky podnik 2021)

Tab. 1. Lesnatosť a priemerné náklady na úpravu vody vodárenských nádrží v časovom rade 2011–2015
Forestry and average costs for water treatment of water reservoirs in the time series 2011–2015

Vodárenská nádrž/ Water reservoirs	Lesnatosť/Forest cover ¹ (%)	Náklady na úpravu vody/Water treatment costs ² (€·m ⁻³)					Priemer/Average 2011–2015 (€·m ⁻³)
		2011	2012	2013	2014	2015	
Málinec	56,11	0,01207	0,01209	0,01319	0,01181	0,01221	0,01227
Klenovec	70,8	0,01205	0,01152	0,01283	0,01393	0,01127	0,01232
Turček	100	0,00761	0,00922	0,00895	0,00858	0,01264	0,00940

¹Zdroj/Source: ZAUŠKOVÁ 2003

²Zdroj/Source: Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s., Banská Bystrica

Na základe kvalitatívnych ukazovateľov vody pred jej úpravou môžeme konštatovať, že väčšina ukazovateľov spĺňa limity pre pitnú vodu stanovenou vyhláškou Ministerstva zdravotníctva SR. Najkvalitnejšiu vodu z analyzovaných nádrží má vodárenská nádrž Turček.

Na základe údajov o priemerných nákladoch na úpravu vody a lesnatosti povodí sme zostrojili nasledovnú regresnú závislosť (obr. 2).

Zostrojená regresná rovnica potvrdila závislosť rastu nákladov na úpravu pitnej vody s klesajúcou lesnatosťou povodia. Pri lesnatosti

0 % by modelové náklady predstavovali hodnotu 0,0167 €·m⁻³. Rozdiel medzi modelovými nákladmi pri 0 % lesnatosti a priemernými skutočnými nákladmi na úpravu vody v jednotlivých povodiach vodárenských nádrží predstavuje potenciálnu úsporu nákladov na úpravu vody vodohospodárskym podnikom z dôvodu existencie lesa a jeho vplyvu na kvalitu vody (tab. 3).

Alternatívou k zvyšovaniu nákladov na úpravu vody je zvyšovanie lesnatosti povodia vodárenskej nádrže. Úspora ročných nákladov na úpravu vody prostredníctvom využitia pozitívneho vplyvu lesa

Tab. 2.

Vybrané kvalitatívne ukazovatele vody vodárenských nádrží (2011)

Selected water quality parameters of water reservoirs (2011)

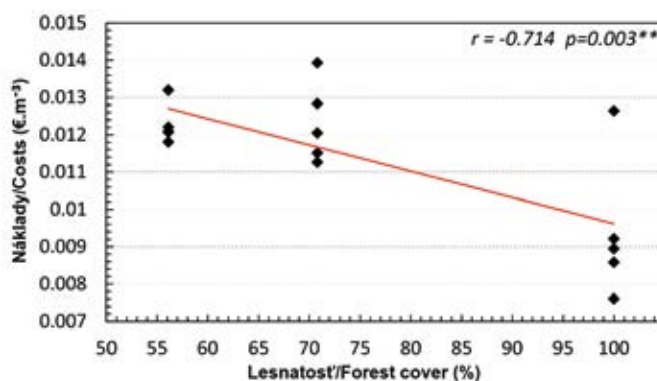
Ukazovateľ/ Parameter	Jednotky/ Units	Vodárenská nádrž/Water reservoirs			Norma/ Standard ³
		Málinec	Klenovec	Turček	
Zákal/Turbidity	FNU ¹	1,11	2,95	1,5	5
Reakcia vody/pH	mg/l	7,01	7,25	7,21	6,5-9,5
Vápnik a horčík/Calcium, Magnesium	mmol/l	0,305	0,425	-	1,1-5,0
Chloridy/Chlorides	mg/l	1,5	0	-	250
Dusitany/Nitrite	mg/l	0,0206	0,0198	0,006	0,5
Dusičnany/Nitrates	mg/l	3,28	4,37	2,5	50
Sírany/Sulphate	mg/l	17	13,7	-	250
Fosforečnany/Phosphate	mg/l	0,0608	0,0327	-	1
Mangán/Manganese	mg/l	0,0987	0,0914	0,0233	0,05 (0,2)
Železo/Iron	mg/l	0,111	0,0687	0,0678	0,2
Escherichia coli	KTJ/100ml ²	0,522	2,65	0	0
Koliformné baktérie/Coliform bacteria	KTJ/100ml	2,52	106	3,92	0
Enterokoky/Enterococci	KTJ/100ml	4,08	0,747	9,74	0
Živé organizmy/Living organisms	jedinice/ml	468	223	1570	0
Mŕtve organizmy/Dead organisms	jedinice/ml	0,548	2	1,07	30

Zdroj/Source: Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s., Banská Bystrica

¹FNU – Formazine Nephelometric Units

²KTJ – Kolóniu tvoriaca jednotka/Colony Forming Units

³Norma/Standard – Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 247/2017 Z.z.



Obr. 2.

Závislosť priemerných nákladov na úpravu vody od lesnatosti povodia

Fig. 2.

Dependence of average water treatment costs on forest cover of water catchments

na kvalitu vody predstavuje zároveň ročnú hodnotu vodoochranej ekosystémovej služby lesov. Na základe priemerného ročného objemu upravenej vody stanovíme ročnú hodnotu vodoochranej funkcie jednotlivých povodií a priemernú ročnú hodnotu vodoochranej funkcie lesa na jednotku plochy lesa (tab. 4).

Najväčšiu úsporu nákladov na úpravu vody dosahujú vodohospodári v prípade vodárenskej nádrže Turček. Priemerná hodnota vodoochranej funkcie lesa analyzovaných povodií vodárenských nádrží je v intervale 1,67–8,90 €·ha⁻¹·rok⁻¹.

DISKUSIA

Lesné ekosystémy zohrávajú v rámci kolobehu vody v prírode dôležitú úlohu. Všeobecne môžeme povedať, že les zvyšuje vertikálne zrážky o horizontálne zrážky – kondenzačný účinok, zadržuje zrážky a znižuje povrchový odtok – retenčný účinok, spomaľuje odtok vody – retardačný účinok a zvyšuje účinnosť akumulácie zimnej vlahy – akumulačný účinok (PAPÁNEK 1978). Okrem týchto účinkov les zabráňuje erózii a vymývaniu dusíka a iných škodlivých látok do vodných zdrojov. Využívanie lesnej pôdy je všeobecne spojené s ochranou vodných zdrojov pred kontamináciou (ABILDTRUP, STRANGE 2000; WILLIS 2002; ERNST et al. 2004), znižovaním množstva sedimentov, živín a kontaminantov (AMATYA et al. 2003; ROBINSON, COSANDEY 2011) a udržiavaním dobrej kvality vody (AUST et al. 2011).

Využívanie krajiny a zloženie krajinej pokrývky povodia zohráva kľúčovú úlohu pri regulácii kvality vodných tokov (FELLER 2007; CARR, NEARY 2008; GIRI, QIU 2016).

Zalesnené povodia prispievajú k zlepšeniu akosti vody a k zníženiu nákladov na jej úpravu (BIBA et al. 2007). Na základe výsledkov štúdie

v USA (ERNST et al. 2004) sa potvrdilo, že náklady na úpravu vody v zariadeniach primárne využívajúcich povrchové zdroje vody kolísali v závislosti od lesnatosti rozvodia. Výsledky analýzy poukázali na skutočnosť, že prevádzkové náklady na úpravu vody mali klesajúci trend v závislosti od zvyšujúcej sa lesnatosti v zdrojových územiach. Zistilo sa, že na každý 10% nárast v lesnatosti územia sa náklady na úpravu vody znížili o približne 20 %. V našom prípade výsledky analýzy preukázali, že pri priemernom náraste lesnatosti povodia o 10 % poklesnú priemerné náklady na úpravu vody o cca 5 %. Odchýlka relatívnych nákladov môže byť spôsobená vplyvom iných potenciálnych faktorov, ktoré môžu ovplyvňovať kvalitu vody.

Okrem lesnatosti povodia vplývajú na kvalitu vody aj iné faktory, akými sú napr. sklon terénu, typ pôdy, geologické podložie a pod. Pokiaľ ide o samotný vplyv lesa na kvalitu vody, dôležitý je aj vek a druh lesa (XI et al. 2009), drevinové zloženie (SWAINE et al. 2006; KUPEC, ŠKOLOUD 2019) a pestovateľské postupy (TWER, HORNBECK 2001). Významným aspektom kvality vody je urbanizácia a poľnohospodárske využívanie pôdy.

Poľnohospodárska a urbanistická krajina je výrazným zdrojom živín, organických látok a sedimentov, ktoré ovplyvňujú kvalitu vody (CLÉMENT et al. 2017). Existencia lesa v povodí znamená zároveň elimináciu použitia umelých hnojív alebo chemických prípravkov, ktoré sa používajú v poľnohospodárstve. Analyzované vodárenské nádrže a ich povodia spadajú podľa environmentálnej regionalizácie medzi územia s minimálnym vplyvom človeka (KLINDA et al. 2016). Práca z dôvodu praktickej použiteľnosti analyzuje vo vzťahu ku kvalite vody meranej nákladmi na úpravu vody jeden faktor, a tým je lesnatosť povodia. Okrem lesnatosti vplývajú na kvalitu vody štruktúra a vek lesa, drevinové zloženie, spôsob obhospodarovania lesa, ako aj geomorfologické, geologické a pedologické faktory. Okrem lesných po-

Tab. 3.

Úspora priemerných nákladov na úpravu vody v jednotlivých povodiach vodárenských nádrží
Saving of average costs for water treatment in individual catchments of water reservoirs

Vodárenská nádrž/Water reservoirs	Lesnatosť/Forest cover (%)	Priemerné náklady na úpravu vody/Average costs for water treatment (€·m ⁻³)	Modelové náklady na úpravu vody pri lesnatosti 0%/Model costs for water treatment at forest cover 0 % (€·m ⁻³)	Úspora priemerných nákladov na úpravu vody/Saving of average costs for water treatment (€·m ⁻³)
Málinec	56,11	0,01227	0,0167	0,00443
Klenovec	70,80	0,01232	0,0167	0,00438
Turček	100,00	0,00940	0,0167	0,00730

Tab. 4.

Hodnota vodoochranej funkcie lesov v jednotlivých povodiach vodárenských nádrží
The value of the water protection function of forests in individual catchments of water reservoirs

Vodárenská nádrž/Water reservoirs	Plocha lesa/Forest area (ha)	Priemerný ročný objem upravenej vody/Average annual volume of treated water (m ³)	Hodnota vodoochranej funkcie lesa/The value of the water protection function of the forest (€·rok ⁻¹)	Priemerná hodnota vodoochranej funkcie/Average value of water protection function (€·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹)
Málinec	4 417	2 601 392	11 515	2,61
Klenovec	6 522	2 490 399	10 911	1,67
Turček	2 896	3 529 540	25 767	8,90

rastov ovplyvňuje v povodiach vodárenských nádrží kvalitu vody podiel a spôsob obhospodarovania nelesnej pôdy (lúky, pasienky, poľnohospodárska pôda). V ďalšom výskume je preto potrebné vyššie uvedené faktory analyzovať a kvantifikovať ich vplyv vo vzťahu ku kvalite a kvantite vodných zdrojov. Zároveň na potvrdenie výsledkov práce je potrebné rozšíriť výskum na ostatné povrchové zdroje pitnej vody v SR.

Podpora vodoochrannej a vodohospodárskej ekosystémovej služby lesa si v mnohých prípadoch vyžaduje špecifický prístup obhospodarovania lesných porastov (Šišák, Riedl 2016), čím dochádza k zvýšeným nákladom lesných podnikov. Podporné politické nástroje, alebo definícia vlastníckych práv týchto služieb vyžaduje kvantifikáciu ekosystémových služieb lesa. Štúdia poukazuje na možnosť kvantifikácie vodoochrannej ekosystémovej služby lesa prostredníctvom metódy alternatívnych nákladov. Takéto ekonomické ocenenie predstavuje dôležitý krok pre návrh a vývoj finančných/stimulačných systémov, ako sú platby za ekosystémové služby. Tie pokrývajú rôzne finančné mechanizmy, prostredníctvom ktorých príjemcovia ekosystémových služieb platia poskytovateľovi týchto služieb, čím poskytujú stimuly na ochranu alebo obnovu ekosystémov, a tým udržiavajú alebo zvyšujú ponuku týchto služieb (Štěrbová et al. 2019).

ZÁVER

Súčasný stav v rámci „obchodného reťazca“ s vodou (úhrada nákladov za prípravu pitnej vody) môžeme pokladať za nevyhovujúci, nakoľko sú z tohto reťazca vylúčení obhospodovatelia lesa. Optimálnym riešením by bola možnosť prisúdenia práva na predaj pozitívneho vplyvu lesa na zlepšenie „kvality a kvantity“ pitnej vody pochádzajúcej z povrchových tokov lesným hospodárom. Toto riešenie by motivovalo lesných hospodárov zamerať sa na podporu hydrických ekosystémových služieb lesov a so spoločenského hľadiska by znamenalo pokles nákladov na úpravu vody, resp. kvalitnejšiu pitnú vodu, ako aj elimináciu škôd spôsobených povodňami. Podmienkou uplatnenia riešenia je nutnosť kvantifikácie pozitívneho vplyvu lesa na kvalitu a kvantitu vody.

Práca poukazuje na možnosť kvantifikácie vodoochrannej funkcie lesa metódou alternatívnych nákladov. Alternatívnym nákladom k pozitívnemu vplyvu lesných porastov je výška nákladov na úpravu vody. Výsledky práce potvrdili závislosť rastu nákladov na úpravu vody s poklesom lesnatosti povodia vodárenských nádrží. Hodnota vodoochrannej ekosystémovej služby lesa bola v prípade povodí jednotlivých analyzovaných vodárenských nádrží kvantifikovaná v intervale 1,67 – 8,90 €·ha⁻¹·rok⁻¹.

Aproximatívna kvantifikácia vodoochrannej funkcie lesa môže byť východiskom pre stanovenie potenciálnych platieb za ekosystémové služby lesa vo vzťahu ku kvalite vody. Zároveň umožňuje efektívnu aplikáciu nástrojov lesníckej politiky pri podpore hydrických ekosystémových služieb lesa.

Podakovanie:

Prípevok vznikol na základe výsledkov výskumu riešeného v projektoch VEGA 1/0665/20 – „Inovačný potenciál platieb za ekosystémové služby – „voda a lesy“, APVV-18-0347 – „Zmeny klímy a prírodné riziká: zraniteľnosť a adaptačné kapacity lesných ekosystémov Západných Karpát“, APVV-19-0612 – „Modelovanie dopadu rizika výskytu ničivých prírodných živlov na hospodársky komplex lesníctvo – drevarstvo v podmienkach pokračujúcej zmeny klímy“ a APVV-18-0520 – „Inovatívne metódy analýzy výkonnosti lesnícko-drevarského komplexu s využitím princípov zeleného rastu“.

LITERATÚRA

- ABILDTRUP J., STRANGE N. 2000. The option value of non-contaminated forest watersheds. *Forest Policy and Economics*, 1 (2): 115–125. DOI: 10.1016/S1389-9341(99)00005-2
- AMATYA D.M., SKAGGS R.W., GILLIAM J.W., HUGHES J.H. 2003. Effects of orifice-weir outlet on hydrology and water quality of a drained forested watershed. *Southern Journal of Applied Forestry*, 27 (2): 130–142.
- AUST W.M., CARROLL M.B., BOLDING M.C., DOLLOFF C.A. 2011. Operational forest stream crossings effects on water quality in the Virginia Piedmont. *Southern Journal of Applied Forestry*, 35 (3): 123–130. DOI: 10.1093/sjaf/35.3.123
- BENNETT E.M., CARPENTER S.R., CARACO N.F. 2001. Human impact on erodable phosphorus and eutrophication: a global perspective: increasing accumulation of phosphorus in soil threatens rivers, lakes, and coastal oceans with eutrophication. *BioScience*, 51 (3): 227–234. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0227:HIOEPA]2.0.CO;2
- BÍBA M., VÍCHA Z., OCEANSKÁ Z. 2007. Chemismus vody drobných vodných toků ve vodohospodářsky významných lesních oblastech ČR. [Water chemistry of small water streams economically important in forest areas of CR]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52 (2): 132–137.
- CARR G.M., NEARY J.P. 2008. *Water quality for ecosystem and human health*. Burlington, Ontario, UNEP/Earthprint: 120 s.
- Cena vody. 2021. Aktuálny prehľad pre 103 slovenských miest [online] [cit. 2021-05-12]. Dostupné na/Available on: <https://www.kodino.com/sk/clanky/cena-vody/>
- CLÉMENT F., RUIZ J., RODRÍGUEZ M.A., BLAIS D., CAMPEAU S. 2017. Landscape diversity and forest edge density regulate stream water quality in agricultural catchments. *Ecological Indicators*, 72: 627–639. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.09.001
- ČABOUN V., TUTKA J., MORAVČÍK M., KOVALČÍK M., SARVAŠOVÁ Z., SCHWARZ M., ZEMKO M. 2010. Uplatňovanie funkcií lesa v krajine. Zvolen, Národné lesnícke centrum vo Zvolene: 285 s.
- ERNST C., GULLICK R., NIXON K. 2004. Conserving forests to protect water. *Opflow*, 30 (5): 1–7. DOI: 10.1002/j.1551-8701.2004.tb01752.x
- FELLER M.C. 2007. Forest harvesting and streamwater inorganic chemistry in western North America: A review. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 41 (4): 785–811. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2005.tb03771.x
- GIRI S., QIU Z. 2016. Understanding the relationship of land uses and water quality in twenty first century: a review. *Journal of Environmental Management*, 173: 41–48. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.02.029
- HAMILTON L.S., DUDLEY N., GREMINGER G., HASSAN N., LAMB D., STOLTON S., TOGNETTI S. 2008. *Forests and water: a thematic study prepared in the framework of the global forests resources assessment 2005*. Roma, FAO: 78 s. FAO forestry paper; 155 – Weitere Bände
- IŽOVÁ K. 2006. Trend vývoja spotreby pitnej vody v domácnostiach. *Acta Montanistica Slovaca*, 11: 168–171.
- KLINDA J., MIČÍK T., NÉMETHOVÁ M., SLÁMKOVÁ M. 2016. *Environmental regionalisation of the Slovak Republic*. Bratislava, Ministry of Environment of the Slovak Republic and Slovak Environment Agency: 134 s.

- KOREŇOVÁ L. 2016. Špecifická spotreba vody na obyvateľa [on-line] [cit. 2021-05-12]. Dostupné na/Available on: <https://www.enviroportal.sk/indicator/detail?id=1562>.
- KUPEC P., ŠKOLOUD J.D. 2019. Vodohospodárska účinnosť zalesnených pahorkatinných mikropovodí s rozdielnou hlavnou drevinou v bezesrážkových periodikách. Zprávy lesnického výzkumu, 64 (2): 86–93.
- NEARY D.G., ICE G. G., JACKSON C.R. 2009. Linkages between forest soils and water quality and quantity. *Forest Ecology and Management*, 258 (10): 2269–2281. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.05.027
- Obec Turček. 2021 [on-line] [cit. 2021-05-12]. Dostupné na/Available on: <https://www.obecturcek.sk/vodarenska-nadrz-turcek/>
- PAPÁNEK F. 1978. Teória a prax funkčne integrovaného lesného hospodárstva. Bratislava, Príroda: 218 s. Lesnícke štúdie.
- ROBINSON M., COSANDEY C. 2011. Water resources depend on vegetation cover and land use. In: Birot, Y et al. (eds.): Water for forests and people in the Mediterranean region – a challenging balance. Joensuu, European Forest Institute: 59–64. What science can tell us.
- Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. 2021. Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. [on-line] [cit. 2021-05-12]. Dostupné na: <https://www.svp.sk/sk/uvodna-stranka/odstepne-zavody/oz-banska-bystrica/vyznamne-vodne-stavby/>.
- SUKHDEV P., WITTMER H., SCHRÖTER-SCHLAACK C., NESSHÖVER C., BISHOP J., BRINK P., GUNDIMEDA H., KUMAR P., SIMMONS B. 2010. The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. Ginebra, UNEP: 36 s.
- SWAINE M.D., ADOMAKO J., AMEKA G., DE GRAFT-JOHNSTON K.A.A., CHEEK M. 2006. Forest river plants and water quality in Ghana. *Aquatic Botany*, 85 (4): 299–308. DOI: 10.1016/j.aquabot.2006.06.007
- ŠIŠÁK L., ŠVIHLA V., ŠACH F. 2002. Oceňování společenské sociálně-ekonomické významnosti základních mimoprodukčních funkcí lesa. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 71 s.
- ŠIŠÁK L., PULKRAB K. 2008. Hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 133 s.
- ŠIŠÁK L., RIEDL M. 2016. Kulturně-historické, sociálně-ekonomické, politické a právní aspekty možností internalizace tzv. „mimoprodukčních funkcí lesa“ v České republice. In: Lenocho, J. (ed.): Tržní realizace mimoprodukčních funkcí lesa. Sborník příspěvků z odborné konference. Křtiny 21. a 22. 10. 2016. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 56–63.
- ŠTÉRBOVÁ M., AMBRUŠOVÁ L., SARVAŠOVÁ Z., VISZLAI I. 2019. Analysis of different approaches and methodologies on valuation and payments for forest ecosystem services in the pan-European region. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 108 s.
- TWERY M.J., HORNBECK J.W. 2001. Incorporating water goals into forest management decisions at a local level. *Forest Ecology and Management*, 143 (1–3): 87–93.
- VYSKOT I. 2003. Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů České republiky. Praha, Ministerstvo životního prostředí: 210 s.
- WILLIS K.G. 2002. Benefits and costs of forests to water supply and water quality. Report to Forestry Commission Edinburgh. Social and Environmental Benefits of Forestry, Phase 2. Centre for Research in Environmental Appraisal & Management, University of Newcastle: 20 s.
- XI X.J., YAN Q.L., YU L.Z., ZHU J.J., ZHANG C.H., ZHANG J.X., LIU C.X. 2009. Physical and chemical properties of throughfall in main forest types of secondary forest ecosystem in montane regions of eastern Liaoning Province, China. *Ying yong sheng tai xue bao = The Journal of Applied Ecology*, 20 (9): 2097–2104.
- ZAUŠKOVÁ L. 2003. Integrovaný manažment a ekologická únosnosť v povodiach vodárenských nádrží. Zvolen, TU vo Zvolene: 85 s. Vedecké štúdie 4/3003/B.

VALUATION OF WATER PROTECTION ECOSYSTEM SERVICE OF THE FOREST BY THE ALTERNATIVE COSTS METHOD ON THE EXAMPLE OF WATER RESERVOIRS IN SLOVAKIA

SUMMARY

In the Slovak Republic, underground sources (82.2%) and surface sources (17.8%) are used for drinking water. Almost all drinking water from surface sources is connected to forest ecosystems. The forest retains precipitation, has a retention, retardation, and accumulation effect in relation to hydric functions, and it prevents erosion and leaching of harmful substances into water sources. The aim of the work is to quantify the water protection hydric ecosystem service of the forest by the method of alternative costs. An alternative cost to the positive impact of forest stands is the cost of water treatment.

The object of the research were three water reservoirs (VN) and their catchments in the region of Central Slovakia (Fig. 1): VN Málinec, VN Klenovec and VN Turček. VN Málinec has a catchment area of 78.7 km², forest cover 56.11% and the average volume of drinking water taken is 2.6 mil. VN m³.year⁻¹. VN Klenovec has a catchment area of 92.12 km², forest cover 70.8% and the average volume of drinking water taken is 2.5 mil. m³.year⁻¹. VN Turček has a catchment area of 28.96 km², a forest cover of 100% and the average volume of drinking water taken is 3.5 mil. m³.year⁻¹. Based on the analysis of water treatment costs (Tab.1) in water reservoirs in the time period 2011–2015 and analysis of forest cover, an equation of the dependence of average water treatment costs on the share of forest cover in the catchments of water reservoirs was constructed (Fig.2). In the next step, the difference between the average costs of water treatment of individual water reservoirs and the model costs determined by the linear regression equation at the level 0% forest cover was calculated. This cost difference (Tab. 3) represents a saving of average costs for water treatment, namely the contribution of forest stands to the water protection ecosystem service.

The constructed regression equation confirmed the dependence of drinking water treatment costs growth with the decreasing forest cover in the catchment. Based on the average annual volume of treated water we determine the annual value of the water protection function of individual catchment and the average annual value of the water protection function of the forest per unit area of forest (Tab. 4).

The highest quality drinking water (Tab. 2), the lowest costs of water treatment in the monitored time series are at the Turček water reservoir, which also has the highest forest coverage of the catchment. Saving costs for water treatment, namely the value of the positive impact of the forest on the water quality in the catchments are in the interval 1,67 – 8,90 €. ha⁻¹.year⁻¹. The results of the analysis showed that with an average increase in forest cover by 10%, the average cost of water treatment will decrease by about 5%. In addition to the forest cover of the catchment, other factors also affect water quality, such as terrain slope, soil type, geological subsoil, the age and type of forest etc. An important aspect of water quality is urbanization and agricultural land use.

Appropriate quantification of the water protection function of the forest can be a starting point for determining potential payments for forest ecosystem services in relation to water quality. At the same time, it enables the effective application of forestry policy instruments in support of hydric forest ecosystem services.

Zasláno/Received: 14. 05. 2021

Přijato do tisku/Accepted: 19. 10. 2021