

**RETENCIA VODY V ORGANICKÝCH POKRÝVKOVÝCH
HORIZONTOCH PÔDY POD SMREKOVÝM PORASTOM (*PICEA ABIES*)**

Anton Zvala, Tomáš Orfánus, Viliam Nagy

Lesné pôdy obsahujú okrem minerálnej zložky aj významný podiel organickej hmoty, ktorá v humidnejších oblastiach mierneho pásma vytvára častokrát na povrchu lesnej pôdy pokrývkový organický horizont. Retencia vody pokrývkových organických horizontov závisí od stupňa rozkladu a od hrúbky vrstvy organickej hmoty, ktorá je na povrchu lesnej pôdy nerovnomerne rozložená. Nie je dostatočne objasnené, do akej miery pokrývkové organické horizonty ovplyvňujú hydrologické procesy v povodí. Článok obsahuje výsledky z meraní intercepčnej kapacity a retenčných vlastností pokrývkových horizontov z ihličnatého lesa v Západných Tatrách (lokalita pri Kokavských lúkach). Výsledky z výskumnej lokality naznačujú, že rozložený organický materiál tvoriaci pokrývkový horizont pôdy, dokáže zadržať o 23 % viac zrážkovej vody v porovnaní s organo-minerálnym A horizontom Kambizeme podzolovej na lokalite Kokavské lúky.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: pokrývkový organický horizont, retencia vody v pôde, podtlakové a pretlakové metódy

WATER RETENTION IN ORGANIC FOREST-FLOOR SOIL HORIZONS UNDER SPRUCE STAND (*PICEA ABIES*). Forest soils typically contain significant amount of organic material. Water retention of forest floor organic soil horizons depends on the degree of decomposition and thickness of the layer of organic material, which is unevenly loaded on the soil surface of forest land. It is not clear enough how superimposed organic horizons are significant in terms of their impact on hydrological processes on hillslopes or at the catchment scale. This article contains the results of measurement and evaluation of water retention of forest floor organic horizons in spruce forest in the Western Tatras. Results indicate that the decomposed organic material is able to retain 23% more rainwater compared to (organo)mineral horizons of the forest soil (Dystric Cambisol).

KEY WORDS: forest floor, soil water retention, vacuum and pressure methods

Úvod

Množstvo vody v pôde (pôdna vlhkosť) a jej režim sú určované hydrometeorologickými faktormi a fyzikálnymi a fyzikálno-chemickými vlastnosťami pôdy. Tieto vlastnosti sú predovšetkým u vrchných vrstiev pôdy ovplyvňované prítomnosťou a typom rastlinného krytu. Lesy (ihličnaté, listnaté a zmiešané), etážová lesná vegetácia, ale aj fauna vplyvajú na vývin lesných pôd. Prioritným pre vznik pokrývkových horizontov lesných pôd sú odumreté podzemné a nadzemné orgány rastlín (opad). Organický materiál lesných pôd v rôznom stupni mechanického a biochemického rozkladu spôsobuje ich špecifické fyzikálne, hydrofyzikálne a fyziokálnochemické vlastnosti, ktoré pôsobia na kvantitu a pohyb

vody v pôde. Rozmiestnenie pokrývkového organického horizontu na lesnej pôde nie je rovnomerné, pretože ľahko podlieha erózo-akumulačným procesom.

Dynamika tvorby pokrývkového organického horizontu a jeho kvantitatívne diferenciacie v rôznych lesných porastoch naznačujú, že pôvod organickej hmoty nahromadenej v pokrývkových organických horizontoch má vplyv na ich hydrodynamické vlastnosti ale takisto aj na retenciu vody v pôde a tvorbu a reterdáciu odtoku. Teda rozdielne druhové zloženie opadu z vegetácie spôsobuje rozdiel v retencii vody v pokrývkových organických horizontoch. Pokrývkový organický horizont pod smrekom má podľa literatúry najväčšiu retenciu kapilárne viazanej vody (Ilek a kol. 2015).

Zrážková voda, ktorá neodtečie povrchovým alebo pod-

povrchovým odtokom, ale naopak infiltruje do pôdy, determinuje vlhkosť pôdy, pričom pod retenčnou kapacitou pôdy chápeme maximálne množstvo vody, ktoré môže daná pôda udržať v systéme pórov dlhší čas, kedy všetka voda z makropórov už odtiekla, voda zachytená na štruktúrach opadu sa odparila a voda je viazaná už prevažne len kapilárnymi silami (poľná vodná kapacita). Retencia vody v lesnej pôde je veľmi dôležitá z hydrologického a environmentálneho hľadiska. Organický materiál lesnej pôdy zadrži podľa literatúry 2 až 4 krát viac vody ako minerálna pôda (Leuschner, 1998). Doterajšie výskumy prevažne zanedbávali vplyv pokrývkových organických horizontov na hydrologické procesy v povodí z dôvodu technických ťažkostí pri presných meraniach a veľmi náročnej parametrizácii pri matematickom modelovaní. Niektoré štúdie píšú o vplyve rôznych charakteristík zrážok a opadu na lesnej pôde na dynamiku a retenciu vody v pôde (Xiang a kol., 2013). V prípade pokrývkových horizontov pôdy je po výdatnejšom daždi časť vody voľne uložená na štruktúrach rastlinného opadu, nie je viazaná kapilárnymi silami a táto voda by sa mala pri bilancovaní od retencie odpočítať a prirátat k intercepcii, resp. k výparu. Výpar z voľnej hladiny na danom mieste totiž predchádza výparu z pórov rozličnej veľkosti a zakrivenia – Kelvinova rovnica).

V posledných rokoch je v modernej európskej a svetovej literatúre do značnej miery frekventovaná problematika smrečín, či už z pohľadu ich odumierania pod imisným tlakom (Schulze a kol. 2012, Fleischer a kol. 2005 a i.), alebo ide o poškodzovanie a chradnutie smrečín v dôsledku nastupujúcej klimatickej zmeny a tiež problematiku poškodenia až zániku smrekových lesov v dôsledku napadnutia podkôrnym hmyzom (Grodzki a kol., 2006; Mezei a kol., 2017 a i.). Pritom každý z menovaných faktorov vplyva aj na hydrické vlastnosti pôd v smrečínach. Oblasť Západných Tatier je územím typickým aktivitou všetkých spomínaných degradačných vplyvov. Pritom naše znalosti o smrekových ekosystémoch zďaleka ešte nie sú dostatočné na predvídanie všetkých možných dopadov týchto degradačných procesov v budúcnosti. Podstatný progres sa v tejto súvislosti dosiahol najmä v štúdiu procesu intercepcie zrážok v zdravých aj poškodených smrekových porastoch predovšetkým vďaka prácam Bartík a kol. (2014), Holko a kol. (2009) a tiež Mezei a kol. (2017).

Jedna zo súčasných znalostných medzier výskumu zalesnených povodí sa však dotýka výskytu, vlastností a efektov pokrývkových horizontov lesnej pôdy (v minulosti nazývaných tiež „nadložný humus“) a predovšetkým ich vplyvu na iniciačné procesy infiltrácie, či tvorby odtoku na a pod povrchom lesnej pôdy (Capuliak a kol., 2012). Je to spôsobené predovšetkým extrémnou technickou náročnosťou poľných hydrologických experimentov v horskom teréne, bez ktorých takéto relevantné informácie nie je možné získať (Zvala a kol., 2017; Bebej a kol., 2017). Pritom treba mať na pamäti, že zmena v skladbe a kvalite lesa a obnaženie lesnej pôdy napríklad nešetrou ťažbou dreva modifikuje

hydraulickú odozvu povodia na prívalové zrážky, pretože znižuje infiltračnú a vodo-retenčnú kapacitu pôdy a môže mať za následok zvýšenie povrchového a podpovrchového odtoku. Na takýchto miestach môže tiež dochádzať vo zvýšenej miere k erózii pôdy (Wahl a kol., 2003).

Dodnes prakticky neexistuje systematická štúdia, ktorá by analyzovala (hydro)fyzikálne vlastnosti pokrývkových organických horizontov pôdy a popísala ich možné hydrologické konzekvencie v reálnom prostredí alebo na laboratórnych experimentoch.

Cieľom nášho výskumu bolo získanie kvantitatívnych informácií o možných rozsahoch základných hydrofyzikálnych charakteristík pokrývkových horizontov pôdy pod smrekovým porastom a interpretácia týchto informácií v kontexte čiastkových hydrologických procesov, predovšetkým infiltrácie, intercepcie a retencie vody.

Lokalita výskumu

Výskumná lokalita s pracovným názvom pri „Kokavských lúkach“ sa nachádza na zalesenom svahu v typickom kultúrnom horskom smrekovom lese v Západných Tatrách neďaleko obce Liptovská Kokava. Koordináty výskumnej plochy sú: 49° 6' 30.8" s.z.š. a 19° 51' 53.4" v.z.d. Nadmorská výška je 860 m n.m. Miesta merania boli situované neďaleko experimentálnej plochy, na ktorej bol v minulosti realizovaný zaťažovací experiment (Orfánus a kol., 2011), len v časti s oveľa viac vyvinutým pokrývkovým horizontom. Priemerný sklon skúmaného svahu je 25° a pôda je kambizem podzolová s A horizontom (6(16) – 25 cm) pokrytým (6 – 16 cm hlbokou) vrstvou rastlinného opadu (najmä ihličia) v rôznom štádiu rozkladu. Tento nadložný (pokrývkový) horizont vykazuje v spodných vrstvách významný stupeň hydrofóbnosti v závislosti na obsahu vody v pôde (Orfánus a kol., 2011). Predchádzajúci výskum z júla 2010 odhalil, že organominerálny A-horizont má v suchom období taktiež výrazné hydrfóbné vlastnosti. Prechodný A/B horizont sa nachádza v hĺbke 25 – 45cm s B_{vs} horizontom ležiacim pod ním. Pôdny kryt je tvorený smrekovým lesom (rôzna veková štruktúra) s nesúvislým podrastom čučoriedčia a machov.

Materiál a metodika

Na výskum retencie vody v pokrývkových organických horizontov lesnej pôdy pod smrekom (*Picea abies*) boli odobraté neporušené pôdne vzorky odberným zariadením do Kopeckého valčekov s objemom 100 cm³. Vnútorne steny valčekov boli predtým natreté tesniacou vazelinou na zabránenie stenového efektu. Boli vybrané odberné miesta s hlboko vyvinutým pokrývkovým organickým horizontom. Na týchto miestach pokrývkové organické horizonty lesnej pôdy obsahovali všetky tri vrstvy opadanku, drvinu a melinu. Na porovnanie boli odobraté aj vzorky z organominerálneho A-horizontu. Po privezení do laboratória boli vzorky odvážené. Na

spodnú časť každej vzorky bola prichytená gumičkou tkanina aby nedochádzalo k rozpadávaniu a rozplavovaniu vzorky pri ďalšej laboratórnej manipulácii. Takto upravené pôdne vzorky sa nasycovali v nasycovacej nádobe (s postupným dvíhaním hladiny) až pokiaľ nebolo vidieť na povrchu každej pôdnej vzorky celistvú lesklú vrstvu vody. Nasycovanie trvalo niekoľko týždňov, pretože pôdne vzorky vykazovali výraznú mieru hydrofobicity (vodoodpudivosť pôdy). Nasýtené pôdne vzorky boli odvážené a hladina vody v nasycovacej nádobe bola znížená na -2cm a po 24 hodinách boli vzorky odvážené znova. Takto sme získali jeden bod retenčnej krivky. Na zistenie ďalších bodov retenčnej krivky lesnej pôdy boli použité podtlaková (tempeské bunky) a pretlaková metóda.

Jednou z najdôležitejších hydrofyzikálnych charakteristík pôdy, ktorá graficky znázorňuje závislosť energetického stavu pôdnej vody od jej obsahu, teda vzťah medzi vlhkosťným potenciálom a vlhkosťou pôdy, je vlhkosťná retenčná čiara (Veľbný, 2000). Závisí od štruktúry, jej objemovej hmotnosti, od zrnitostného a mineralogického zloženia, od obsahu humusu a od obsahu a vlastností kationov sorpčného komplexu. Vlhkosťná retenčná čiara spoločne s hydraulickou voidnosťou je najdôležitejšou charakteristikou pre štúdium dynamiky vody v pôde a je vyvinutých niekoľko laboratórnych a terénnych metód na jej stanovenie. Na stanovenie vlhkosťných retenčných čiar používame viacero metód, z ktorých každá je použiteľná len v určitom rozsahu vlhkosťného potenciálu pôd.

Podtlaková metóda. Na podtlakovom prístroji je možné stanoviť závislosť medzi vlhkosťným potenciálom a vlhkosťou pôdy len v malom rozsahu vlhkosťného potenciálu. Vodou nasýtenú vzorku pôdy uložíme na polopriepustnú platňu, ktorá býva zatavená v sklenom lieviku. Najčastejšie používame polopriepustnú doštičku SIAL – S4, pri ktorej vstupná hodnota pre vzduch sa pohybuje v rozpätí (19.3 až 58 kPa), (-200 až -600 cm) tlakovej výšky vody. Necháme na ňu pôsobiť konštantný podtlak, vyvolaný vodným stĺpcom pod doštičkou, ktorý je daný rozdielom hladín vo vzorke a v odtokovej nádobe (bireta). Objem vody, ktorý z častí pórov odtečie, zmeriame a vypočítame vlhkosť, prislúchajúcu nastavenému podtlaku (vlhkosťnému potenciálu). Postupným zvyšovaním podtlaku vzorku odvodňujeme a zisťujeme ďalšie body odvodňovacej vetvy retenčnej čiary, t.j. vlhkosti pôdy, zodpovedajúcej aplikovaným hodnotám podtlaku.

Na podtlakovom prístroji sme merali body retenčnej krivky pri podtlakoch -10 cm, -30 cm, -50 cm, -80 cm, -120 cm, -150 cm vyvolaným vodným stĺpcom pod doštičkou.

Pretlaková metóda spočíva v procedúre, kedy vodou nasýtenú vzorku pôdy umiestnime v pretlakovom zariadení (pretlakovom hrnci) na vodou nasýtenú platňu s definovanou vstupnou hodnotou pre vzduch, v rozsahu ktorej platňa prepúšťa vodu, ale neprepúšťa vzduch. V zariadení udržujeme konštantný tlak vzduchu, vyšší ako je atmosférický tlak. V dôsledku pôsobenia nastave-

ného pretlaku začne zo vzorky odtekať tá časť objemu vody, ktorá je k tuhej fáze viazaná menšou silou ako je tlak vzduchu v nádobe. Odtok vody zo vzorky sa ukončí, keď nastane rovnováha medzi vlhkosťným potenciálom (sacím tlakom) pôdnej vody a nastaveným pretlakom. Rovnovážnemu stavu dosiahnutému pri danom tlaku vzduchu zodpovedá určitá hodnota vlhkosti pôdy, ktorú zistíme z úbytku hmotnosti vzorky pôdy gravimetrickou metódou alebo zo známej počítateľnej vlhkosti vzorky a zmeraného odtečeného množstva vody. Takto sa určí jeden bod vlhkosťnej retenčnej čiary. Určovaním dvojíc vlhkosťného potenciálu a vlhkosti pôdy v postupne dosahovaných rovnovážnych stavoch pri zväčšovaní pretlaku vzduchu v pretlakovom zariadení stanovíme ďalšie body retenčnej čiary (Veľbný, 2000). Keďže pri tomto postupe voda z pôdy odtekala, hovoríme o odvodňovacej vetve vlhkosťnej retenčnej čiary.

Na pretlakovom prístroji boli merané body retenčnej krivky pri pretlakoch 0,3 bar (-300 cm), 0,6 bar (-600 cm), 1,5 bar (-1500 cm), 2,8 bar (-2800 cm). Po vybratí pôdnych vzoriek z pretlakového prístroja boli vzorky umiestnené do sušiarne. Sušenie prebiehalo pri teplote 60 °C do hmotnosti ktorá sa časom nemenila.

Okrem vlhkosťných retenčných kriviek pokrývkových organických horizontov sme stanovovali taktiež ich maximálnu kapilárnu nasiakavosť a intercepčnú kapacitu. Maximálna kapilárna nasiakavosť bola stanovená štandardným postupom nasycovania vzoriek odspodu cez filtračný papier pri stálej vodnej hladine v hydraulickej výške -2 cm až do štádia ustálenia hmotnosti vzorky. Po následnom vysušení vzoriek bol stanovený obsah vody zodpovedajúci maximálnej kapilárnej kapacite. Intercepčná kapacita vzoriek pokrývkového horizontu bola stanovená nasledovne: vzorky sme nasýtili vodou postupným dvíhaním hladiny odspodu až po úroveň 0,5 cm nad horným povrchom vzorky (na vzorke bol na vrchu pripevnený druhý valček). Potom sme hladinu znížili na úroveň -2 cm a nechali sme odtečť vodu z gravitačných (drenážnych pórov). Takto nám vo vzorkách ostala len voda zodpovedajúca maximálnej kapilárnej kapacite plus voda zachytená voľne na časticiach a štruktúrach rastlinného opadu (intercepčia). Po odvážení a odpočítaní maximálnej kapilárnej kapacity dostaneme množstvo vody intercepčne zachytenej na štruktúrach opadu v rôznom stupni dekompozície.

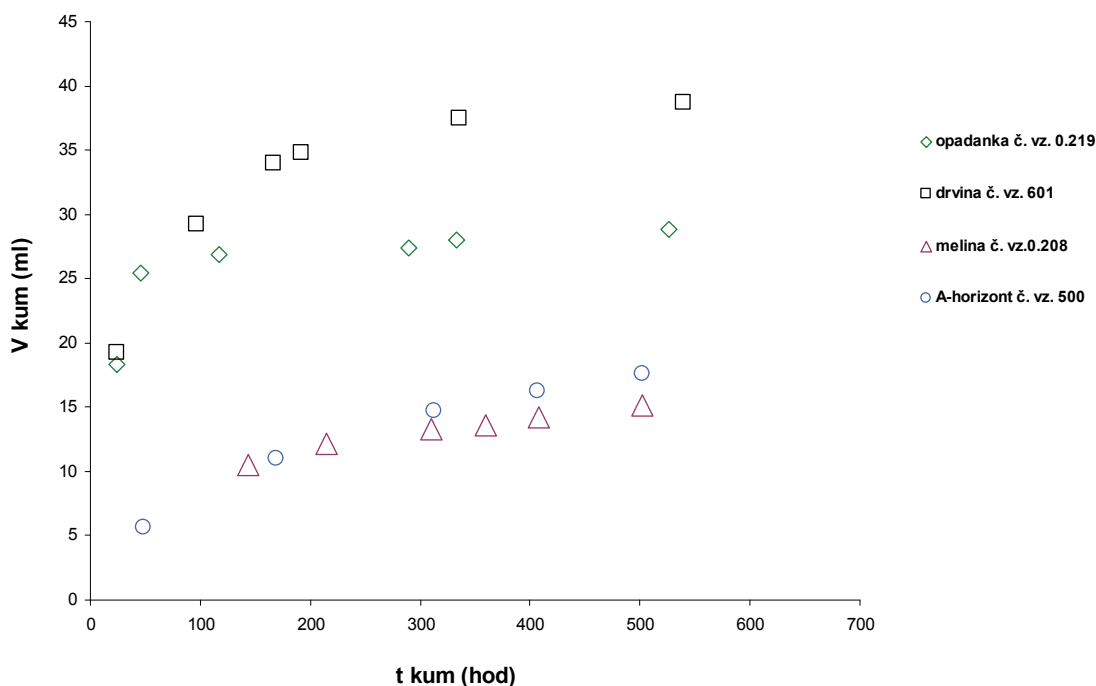
Výsledky a diskusia

Pokrývkový organický horizont obsahuje najvrchnejšiu vrstvu (opadanku) slabo rozložený organický materiál (ihličie, drevo, šišky), strednú vrstvu (drvinu) s výrazne rozloženým organickým materiálom a najnižšiu vrstvu (melinu), obsahujúcu amorfný rozložený organický materiál s prímiesou minerálneho materiálu lesnej pôdy. V jednotlivých pôdnych vrstvách pokrývkového organického horizontu sú rozdielne hydrofyzikálne vlastnosti lesnej pôdy. Rozdiely boli zistené pri meraní hydraulickej vodivosti jednotlivých vrstiev pokrývkového

organického horizontu. Zistili sme metódou premenlivého sklonu, že najvyššiu hydraulickú vodivosť má opadanka, menšiu vodivosť má drvina a najnižšiu vodivosť sme namerali pre melinu. Významne nižšie hodnoty hydraulickej vodivosti sme namerali pri analýze A-horizontu (Zvala a kol., 2017). Tieto vlastnosti sa manifestujú aj na priebehu výtokových experimentov na podtlakovom zariadení, príklad ktorého sa nachádza na obr. 1, ktorý znázorňuje kumulatívny objem vody vytečenej zo vzorky pôdneho materiálu ako funkciu času.

Z laboratórnej analýzy retencie vody v jednotlivých horizontoch lesnej pôdy boli namerané rozdielne objemy vody, ktoré je lesná pôda schopná zadržať dlhší čas. Tabuľka č.1 obsahuje objemy vody zistené nasýtením pôdnych vzoriek (všetky póry zaplnené vodou) a následným znížením hladiny vody na -2 cm pod spodným

okrajom vzorky (súčet max. kapilárnej kapacity a intercepčne zachytenej vody). Kontakt medzi vzorkou a vodou v nádobe bol zabezpečený cez filtračný papier, na ktorom boli vzorky poukladané. Z gravitačných pórov voda vytiekla a v pôdnej vzorke zostala voda zadržovaná prevažne kapilárnymi silami a voda v malých nekapiálnych póroch, ktorá sa taktiež pohybuje gravitačne ale s veľmi malými rýchlosťami. Vrstva drviny obsahovala najviac takejto vody. Drvina je zložená z organického materiálu, ktorý dosahuje vysoký stupeň rozkladu a vytvára najlepšie podmienky pre retenciu zrážkovej vody v lesnej pôde. Drvina zadržiava priemerne o 23 % viac vody ako organominerálny A-horizont. Objem intercepčne zachytenej vody je pomerne vysoký vo všetkých vrstvách pokrývkového horizontu, pričom v drvine a meline je asi 2,5 krát vyšší ako v opadanke.



Obr. 1. Príklad záznamu z výtokového experimentu na podtlakovom zariadení (tempeské cely).
 Fig. 1. Example of the recorded outflow during the multi step outflow experiment on vacuum equipment (temple cells).

Tabuľka 1. Maximálny objem vody udržateľný v kapilárnych a pomaly drénovateľných póroch pôdnych vzoriek (v ml) a objem vody intercepčne zachytenej na nerozložených časticach organického opadu, V_i .

Table 1. Maximal volumes of water retained in capillary and slowly drainable pores of soil samples (in ml) and the volume of water intercepted on raw-litter particles, V_i .

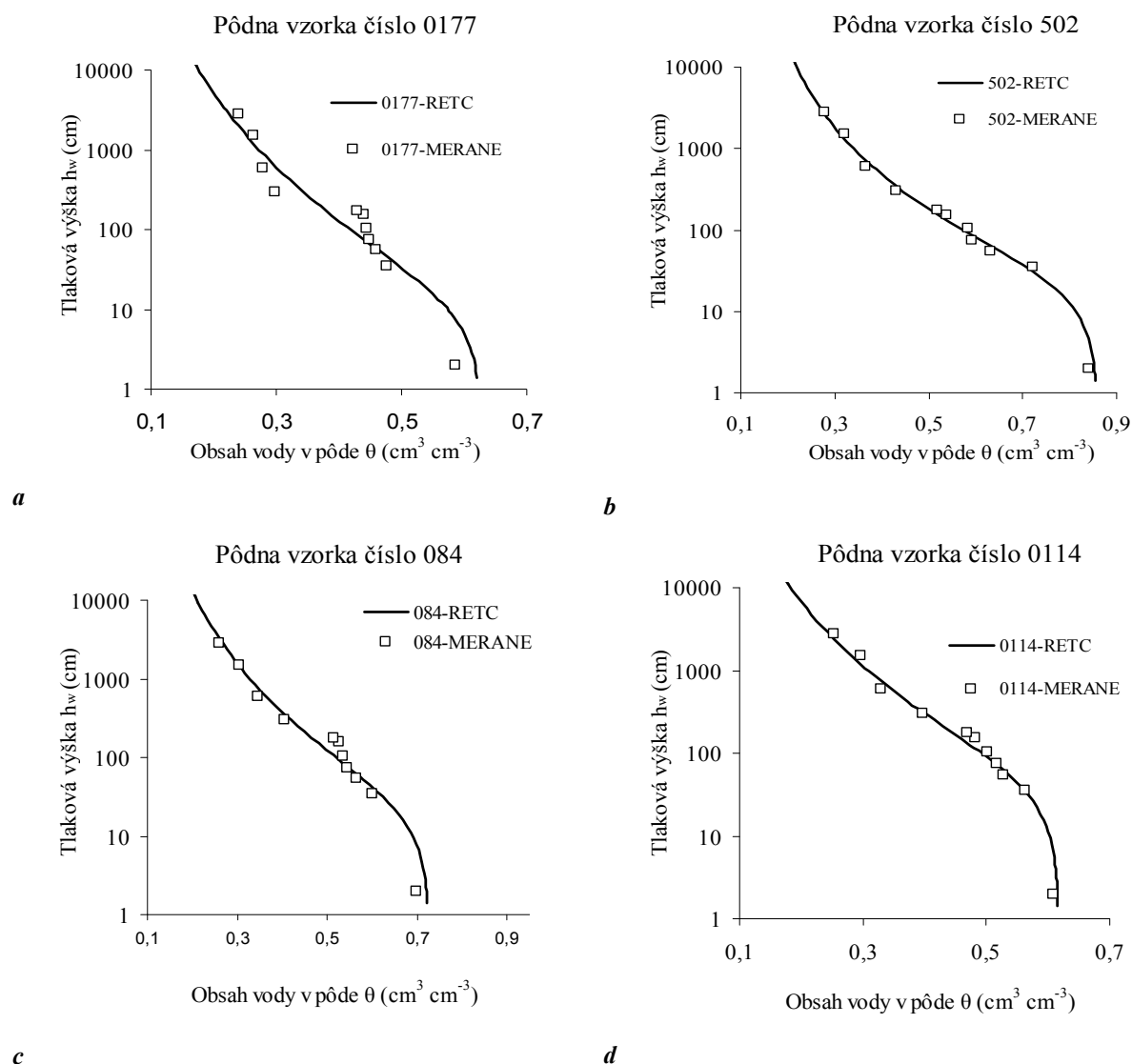
Vrstva/horizont	Miesto merania						priemer	V_i
	1.	2.	3.	4.	5.	6.		
Opadanka	71,3	75,29	66,33	58,61	60,62	75,63	68,00	6,0
Drvina	87,36	88,69	72,68	71,03	83,95	83,87	81,26	14,2
Melina	58,77	63,47	64,83	59,76	62,62	74,78	64,00	16,4
A-horizont	62,54	67,97	63,81	58,61	62,71	62,64	63,05	0

Príklady vlhkosťných retenčných kriviek (funkcia závislosti vlhkosťného potenciálu od pôdnej vlhkosti) pre jednotlivé vrstvy pokrývkového organického a organominerálneho A-horizontu sú na obr. 2.

Vlhkosťná retenčná krivka opadanky má netypický priebeh, ktorý len ťažko možno s uspokojením preložiť analytickým vyjadrením, funkciou podľa van Genuchtena (1980). Krivka 2-a zjavne vykazuje bimodálny pórovitý systém. Príčinou takéhoto priebehu bude s najväčšou pravdepodobnosťou fakt, že pri odbere vzoriek

z povrchovej opadankovej vrstvy sa táto do značnej miery zdeformuje (stlačí) a do takto uvoľneného objemu v odbernom valci sa dostáva materiál z nižšie ležiacej vrstvy drviny.

Ďalším typickým znakom je extrémne vysoká pórovitosť drviny presahujúca u väčšiny vzoriek 80 % ich objemu (príklad na obr. 2-b). Vzorky meliny a organominerálneho A-horizontu majú zvyčajne podobný priebeh s mierne nižšou hodnotou nasýtenej vlhkosti u A-horizontu.



Obr. 2. Vlhkosťné retenčné krivky lesnej pôdy pod smrekovým porastom (a – opadanka, b – drvina, c – melina, d – A-horizont). RETC – krivka preložená modelom podľa van Genuchtena (1980).

Fig. 2. Soil water retention curves of the forest soil under spruce stand (a – top raw-litter layer, b – moderately decomposed material layer, c – intensively decomposed and aggregated organic layer, d – A-horizon).

Záver

Vododržná kapacita pokrývkových horizontov je prekvapujúco extrémne vysoká, napriek ich značne vysokej hydraulickej vodivosti, pohybujúcej sa rádovo v stovkách $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ (Zvala a kol., 2017). Pritom nezanedbateľná časť tejto vododržnej kapacity zodpovedá intercepčne zachytenej vode na časticiach a štruktúrach opadu v rôznom stupni rozkladu (opadanka, drvina, melina). Prepočítané na objem a výšku vzorky (45,3 mm) dostávame hodnoty intercepcie rovnajúcej sa v priemere 2,7 mm (pre opadanku), 6,3 mm (pre drvinu) a 7,3 mm (pre melinu). Tieto hodnoty sú porovnateľné s maximálnou intercepčnou kapacitou živého porastu, ba ju aj prevyšujú. Treba si však uvedomiť, že metodický postup stanovenia tejto maximálnej intercepčnej kapacity pokrývkových horizontov v laboratórnych podmienkach simuluje proces (totálne nasýtenie pokrývkového horizontu a následný odtok gravitačnej vody), aký sa v prírode v podstate realizuje len pri veľmi výdatných a intenzívnych dažďoch.

Ak porovnáваме organický pokrývkový horizont a minerálne horizonty profilu lesnej pôdy, možno konštatovať, že organický materiál môže zadržať v priemere o 23 % väčší objem vody ako minerálny resp. organominerálny materiál.

Melina môže (podobne ako organominerálny A horizont) vykazovať výraznú mieru vodoodpudivosti, čo v reálnych podmienkach znižuje jej retenčnú kapacitu v porovnaní s drvinou napriek tomu, že má komplexnejší systém pórov. Nami získané výsledky (tiež v práci Zvala a kol., 2017) naznačujú, že organické pôdne horizonty majú podstatný význam pre distribúciu zrážkovej vody medzi procesy infiltrácie, výparu (vrátane intercepcie), retencie vody a odtoku.

Pod'akovanie

Príspevok bol podporený grantovou agentúrou VEGA grantom č. 2/0152/15. Táto publikácia vznikla aj použitím prístrojov zakúpených v rámci projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Autori ďakujú taktiež oponentovi za konštruktívny prístup, ktorý zvýšil kvalitu publikácie.

Literatúra

- Bartík M., Jančo M., Střelcová K., Škvareninová J., Škvarenina J., Mikloš M., Vido J., Waldhauserová, P.D. (2016): Rainfall interception in a disturbed montane spruce (*Picea abies*) stand in the West Tatra Mountains. *Biologia* 71/9: 1002-1008, 2016 Section Botany DOI: 10.1515/biolog-2016-0119
- Bartík M., Sitko R., Oreňák M., Slovák J., & Škvarenina J., (2014): Snow accumulation and ablation in disturbed mountain spruce forest in West Tatra Mts. *Biologia* 69/11: 1492—1501, 2014 Section Botany DOI: 10.2478/s11756-014-0461-xFagus-Quercus forest. *Ann. Sci. For.* 55, 141–157.
- Bebej J., Orfánus T., Homolák M., Ben-Hur M., Pichler V., Capulia. J. (2018): The study of flow type dynamics at pedon scale via morphometric parameter analysis of dye-pattern profiles. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 4, in press.
- Capuliak J., Pichler V., Fluhler H., Pichlerova M., Homolák, M. (2010): Beech Forest Density Control on the Dominant Water Flow Types in Andic Soils. *Vadose Zone Journal*, 9, 3, 747-756.
- Fleischer P., Godzik B., Bicarova S., Bytnerowicz A. (2005): Effects of air pollution and climate change on forests of the Tatra Mountains, Central Europe. In: Omasa K., Nouchi I., De Kok L.J. (eds) *Plant Responses to Air Pollution and Global Change*. Springer, Tokyo
- Grodzki W., Jakuš R., Lajzová E., Sitková Z., Maczka T., Škvarenina J., (2006): Effects of intensive versus no management strategies during an outbreak of the bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col.: Curculionidae, Scolytinae) in the Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *Annals of Forest Science, Springer Verlag/EDP Sciences*, 2006, 63 (1), pp.55-61.
- Holko L., Škvarenina J., Kostka Z., Frič M., & Staroň J., (2009): Impact of spruce forest on rainfall interception and seasonal snow cover evolution in the Western Tatra Mountains, Slovakia. *Biologia* 64/3: 594-599, 2009 Section Botany DOI: 10.2478/s11756-009-0087-6
- Ilek A., Kucza J., Szostek M., (2015): The effect of stand species composition on water storage capacity of the organic layers of forest soils, *Forest research*, 187-197.
- Ilek A., Kucza J., Szostek M., (2017): The effect of the bulk density and the decomposition index of organic matter on the water storage capacity of the surface layers of forest soils, *Geoderma*, 27-34.
- Leuschner, C., 1998. Water extraction by tree fine roots in the forest floor of the temperate
- Mezei P., Jakuš R., Pennerstorfer J., Havašová M., Škvarenina J., Ferenčík J., Bičárová S., Bilčík D., Blaženec M., Netherer, S. (2017): Storms, temperature maxima and the Eurasian spruce bark beetle *Ips typographus* - An infernal trio in Norway spruce forests of the Central European High Tatra Mountains. *Agricultural and Forest Meteorology Volume* 242, 15 August 2017, 85-95.
- Orfánus, T., Fodor, N. (2011): K problematike protipovodňovej funkcie lesa v Tatrách. In *Štúdie o Tatranskom národnom parku: monografická štúdia o dôsledkoch vetrovej kalamity z roku 2004 na prírodné prostredie Vysokých Tatier*. Tatranská Lomnica: Štátne lesy TANAP-u. ISBN 978-80-89309-09-2. s. 99-108.
- Schulze E., D., Korner Ch., Law B., E., Haberl H., Luyssaert S., (2012): Large-scale bioenergy from additional harvest of forest biomass is neither sustainable nor greenhouse gas neutral, *GCB Bioenergy* (2012) 4, 611–616, doi: 10.1111/j.1757-1707.2012.01169.x
- Van Genuchten, M. T., (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44, 892- 898.
- Velebný, V., Novák, V., Skálová, J., Štekauerová, V.,

- Majerčák, J., (2000): Vodný režim pôd, Bratislava, Slovenská Technická Univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve STU.
- Wahl, N.A., Bens, O., Schäfer, B., Huttli, R.F., (2003): Impact of changes in land-use management on soil hydraulic properties: hydraulic conductivity, water repellency and water retention, *Physics and Chemistry of the Earth* 28 1377–1387.
- Xiang, L., Jianzhi, N., Baoyuan, X., (2013): Study on Hydrological Functions of Litter Layers in North China *PLoS ONE* 8(7): e70328. doi:10.1371/journal.pone.0070328
- Zvala, A., Orfánus, T., Stojkovicová, D., Nagy, V. (2017): Hydraulická vodivosť pokrývkových horizontov lesnej pôdy, In *Acta Hydrologica Slovaca*, 2017, roč. 18, č. 1, p. 112-119. ISSN 1335-6291.

WATER RETENTION IN ORGANIC FOREST-FLOOR SOIL HORIZONS UNDER SPRUCE STAND (*PICEA ABIES*)

Forest soils contain mineral component but also significant amount of organic matter, which can form rather compact organic horizons on surface of forest soils. The organic material comes from dead underground and above-ground organs of plants (plant litter). The organic material occurs at different stages and levels of mechanical and biochemical degradation, that cause their specific physical and hydrophysical properties, further influencing the quantity and dynamics of water in soil. The distribution of organic material on the soil surface is not even, because it is easily subjected to the erosion-accumulation processes.

Infiltrated rainwater in forest soil, which is not drained via subsurface runoff, determines the *in situ* soil moisture. The most important hydrological characteristic in this concern is the ability of soil to retain the water in (predominantly) capillary pores, which is physically determined by the soil water retention characteristics (curve). Capillary system of soil is able to retain water for prolonged time periods, while macropores are drained relatively faster. Different species of vegetation produce various litter composition that result in different water retention capacity of superimposed organic horizons (Ilek, et al., 2017).

There is no systematic study that would analyze the physical properties of superimposed organic horizons and describe their hydrological consequences in the real environment or in laboratory experiments.

On the other hand, changes in forest structure and the forest harvesting have direct impact on soil hydraulic properties (retention and infiltration capacities), and may be the cause of increased surface and subsurface runoff. In such places there may be increased contribution to erosion (Wahl et al., 2003).

Kokavské lúky location in Western Tatras is site, from

which the soil samples of forest-floor organic horizon were taken under the middle-aged spruce forest with *Vaccinium myrtillus* understory vegetation on the hillslope with well developed deep organic litter and duff horizons (Orfanus et al., 2011). Soil samples of 100 cm³ volume were taken from the superimposed organic horizons of forest soil irregularly on the area of 15 x 45 meters. Depending on the degree of organic matter decomposition, the samples were taken from different layers: top raw-litter layer, moderately decomposed material layer, and intensively decomposed and aggregated organic layer (duff).

After arrival to the laboratory, the samples were weighed. The bottom of each sample was laced with elastic fabric to prevent erodibility and out-wash of sample material during laboratory manipulation. Prepared samples were saturated in plastic container (with gradual rising water level) until gloss layer of water on surface of each soil sample was visible. Saturation of samples took several weeks because of severe hydrophobicity (water repellent soils). The saturated soil samples were weighed and the water level in a saturation container was reduced to -2 cm and after 24 hours samples were weighed again. In this way we have determined one point of retention curve. The vacuum equipment (Temps cells) and then the pressure method were applied to determine another points of the retention curves. We measured the retention curve points at vacuum levels -10 cm, -30 cm, -50 cm, -80 cm, -120 cm, -150 cm induced water column below the plate. Pressure method was used to measure points of retention curves at levels of 0.3 bar (-300 cm), 0.6 bar (-600 cm), 1.5 bar (-1500 cm), 2.8 bar (-2800 cm). Then the soil samples were dried at 60°C until weight, which remained unchanged over time.

Mgr. Anton Zvala
RNDr. Tomáš Orfánus, PhD.
Ing. Viliam Nagy, PhD.
Ústav hydrologie SAV
Dúbravská cesta č. 9
841 04 Bratislava
E-mail: zvala@uh.savba.sk