

# VÝVOJ PŮDNÍ VLHKOSTI V POVODÍCH PRAVOSTRANNÝCH PŘÍTOKŮ ČERNÉ OPAVY V HRUBÉM JESENÍKU

## DEVELOPMENT OF SOIL MOISTURE IN THE CATCHMENTS OF RIGHT-HAND TRIBUTARIES OF THE ČERNÁ OPAVA RIVER IN THE HRUBÝ JESENÍK MTS.

VÍT ŠRÁMEK ✉ - VĚRA FADRHOŇSOVÁ - KATEŘINA NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

✉ e-mail: sramek@vulhm.cz

ORCID: V. Šrámek 0000-0002-0655-2872  
 V. Fadrhonsová 0009-0002-6365-8339  
 K. Neudertová Hellebrandová 0000-0001-8467-0201

### ABSTRACT

Presented monitoring in the Hrubý Jeseník Mountains is part of a research project focused on the impact of large-scale clear-cuts carried out during the extensive bark beetle outbreak in 2015–2020 on hydrological processes in small forest catchments. During the 2022–2024 growing seasons, precipitation, soil moisture, and soil water potential were monitored in clear-cuts and Norway spruce stands. Soil moisture was the highest at the beginning of vegetation season, then declined as the evapotranspiration increased. In open areas, significantly higher soil moisture was generally measured compared to Norway spruce stands due to their relatively high interception (29–69%) and transpiration. However, the drought stress episodes with the strongly negative soil water potential ( $\approx -1.5$  MPa) were identified rather exceptionally and exclusively in forest stands and in upper 10 cm of mineral soil. We conclude that the loss of forest cover, which temporarily occurred because of the bark beetle outbreak, does not have a fundamental impact on the development of soil moisture – at least there is no “drying out of the landscape”. The potential issue is rather the reduction in the retention capacity of soils to absorb larger amounts of torrential rainfall due to higher water reserves in the soil in clear-cut locations and reduced interception.

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

**Klíčová slova:** vlhkost půdy; půdní vodní potenciál; smrk; holiny; kůrovcová kalamita

**Key words:** soil moisture; soil water potential; Norway spruce; bark beetle outbreak

### ÚVOD

Lesy hrají významnou roli v hydrologickém cyklu v krajině, svým působením ovlivňují časové i prostorové rozdělení srážek, výparu i dynamiku odtoků ze zalesněných povodí (KLAMERUS-IWAN et al. 2020). Ovlivňují mikroklima stanoviště, mezoklima krajinných celků, ale také rozdělení srážek v rámci kontinentů (VAN DER ENT et al. 2010; PEARCE 2020). Působení lesů tak naplňuje hydrické funkce, někdy označované rovněž jako ekosystémové služby (BLUM 2004; KEYS et al. 2016), které spočívají zejména ve vyrovnávání odtoků – snižování maximálních průtoků a zvyšování minimálních průtoků ve vodotečích – a v udržení vysoké kvality vody odtékající z lesních ekosystémů (ŠIŠÁK et al. 2016; ŠVIHLA et al. 2023). Vliv lesů na parametry vodní bilance povodí je v České republice dlouhodobě sledován v systému malých lesních povodí (CHLEBEK, JAŘABÁČ 1995; BÍBA et al. 2010) i systému tzv. mikropovodí (DEUTSCHER, KUPEC 2014; KUPEC et al. 2018). V průběhu kůrovcové kalamity, která v České republice vrcho-

lila v letech 2018–2021 (LUBOJACKÝ et al. 2025) došlo ke ztrátě lesního pokryvu na významné části území. Celková plocha kalamitních holin vzniklých v letech 2018–2023 byla vyšší než 200 tis. ha (KŘÍSTEK et al. 2024), což vedlo k oprávněným obavám o ovlivnění ekosystémových služeb, které lesy poskytují, v popředí právě s obavou o naplňování hydrických funkcí lesů. Problematika je studována v povodích, jež byla postižena kůrovcovou kalamitou, například v povodí Pekelského potoka, který je pravostranným přítokem vodárenské nádrže Švihov (ŠPULÁK et al. 2021). V oblasti Hrubého Jeseníku byly za tímto účelem založeny experimentální objekty na povodích Slučího, Sokolího a Suchého potoka (ŠRÁMEK et al. 2023). Kromě základních parametrů vodní bilance (ŠRÁMEK et al. 2025; UNUCKA et al. 2025) je zde sledován průběh vlhkosti půdy v lesních porostech i na kalamitních holinách, neboť po odtěžení lesního porostu je právě půda hlavním garantem zajištění hydrických funkcí lesa. Dosavadní výsledky měření jsou shrnuty v tomto příspěvku.

## MATERIÁL A METODIKA

### Výzkumná povodí

V roce 2020 byly v oblasti Hrubého Jeseníku založeny experimentální plochy v povodí třech pravostranných přítoků Černé Opavy – Slučího potoka (SL), Sokolího potoka (SO) a Suchého potoka (SU) – s cílem hodnocení vlivu postupující kůrovcové kalamity na hydrologické poměry v horských povodích. Povodí mají rozlohu 417 ha (SL), 401 ha (SO) a 280 ha (SU), jejich horní hranice je na hřebenu mezi Orlíkem (1 204 m n. m.) a Medvědí vrchem (1 216 m n. m.), odtoky povodí jsou v případě Slučího potoka a Sokolího potoka měřeny těsně nad soutokem s Černou Opavou (640 m n. m., respektive 630 m n. m.), v případě Suchého potoka nad náhonem, který odvádí část vody do obce Mnichov (630 m n. m.). Podle hodnot klimatického normálu 1961–2000 spadají povodí do chladné oblasti C6-C7 podle Quittovy klasifikace (Květoň, Voženílek 2011). Průměrná roční teplota v letech 2021–2024 se pohybovala od 4,7 °C v hřebenové oblasti (stanice Heřmanovická chata, 2021) po 8,5 °C v nejnižších oblastech povodí (stanice Mnichov, 2024), úhrn srážek v bezmrazovém období (15. 4. – 15. 10.) se v letech 2022 a 2023 pohyboval od 380 mm po 569 mm, ve stejném období roku 2024 to bylo až 1 216 mm vzhledem k přívalovým srážkám ve dnech 13. – 15. 9. Geologické podloží na povodích tvoří převážně fylit, blastomylonity, metagranitoidy a kvarcity, místy s ložisky zelených břidlic a ruly. Z půdních typů převládají kambizemě dystrické přecházející ve vrcholových polohách a v blízkosti skalních výchozů v rankery. Poměrně časté jsou skalní výchozy ve formě mrazových srubů, bradel a suťových polí.

### Měření vlhkosti půdy a srážek

Na povodích byly v roce 2022 založeny tři lokality s měřením vlhkosti půdy tak, aby charakterizovaly poměry ve vrchní (Medvědí cesta (MC) 1 050 m n. m.), střední (Pod Quinburkem (PQ) 770 m n. m.) a spodní (Devítková cesta (DC) 680 m n. m.) části povodí. Každá lokalita zahrnuje volnou plochu s odtěženými stromy po kůrovcové kalamitě (VP), plochu ve smrkovém porostu středního věku (SMS) a v dospělém smrkovém porostu (SMD) (tab. 1). Smrkové porosty mají dle hospodářské knihy plně zakmenění (9-10).

Na plochách je ve třech hloubkách půdy (10 cm, 30 cm a 50 cm pod humusovým horizontem) měřena objemová vlhkost půdy čidly

Truebner SMT 100 (rozsah měření 0–60 %, rozlišení 0,1 %, přesnost +/- 3 %) a půdní vodní potenciál sádrovými bločky Delmhorst GB2 (rozsah měření -0,01 MPa až -1,5 MPa). V každé hloubce je umístěno jedno čidlo Truebner SMT 100 a jeden sádrový bloček. Data jsou v hodinových intervalech registrována v datalogerech MicroLog SDI-MP (vlhkost půdy) a MicroLog SP3 (vodní potenciál) dodávaných firmou Environmental Measuring System s. r. o. Stahování dat probíhá obvykle třikrát během vegetační sezóny. V lesních porostech jsou půdní čidla umístěna mezi jednotlivými stromy.

Kromě měření půdních vlastností jsou na plochách v lesních porostech měřeny podkorunové srážky speciálními srážkoměry se záchytnou plochou 1 600 cm<sup>2</sup>, (vždy dva srážkoměry na plochu), rozlišením 0,025 mm, na volných plochách jsou instalovány srážkoměry Pronamic Pro se záchytnou plochou 200 cm<sup>2</sup> a rozlišením 0,2 mm. Oba typy srážkoměrů jsou vybaveny datalogerem pro záznam jednotlivých událostí (registrují zvláště každé překlopení měřící lopatky) Minikin Eri. Dodavatelem přístrojového vybavení je společnost Environmental Measuring System s. r. o. Na volných plochách jsou srážkoměry umístěny v minimální vzdálenosti 1,5 stromové výšky od okolního porostu.

### Stanovení retenčních křivek

Při instalaci čidel byly na všech plochách odebrány neporušené vzorky půdy do Kopeckého válečku o objemu 100 cm<sup>3</sup> z hloubek 10 cm, 30 cm a 50 cm. Odebrané vzorky byly uzavřeny a uchovávány v teplotách 4–10 °C do jejich předání laboratorům Výzkumného ústavu monitoringu a ochrany půdy (VÚMOP), kde bylo provedeno stanovení retenčních křivek dle normy ISO 11274:1998 Soil quality – Determination of the water retention characteristics (blíže Vlčková et al. 2012). Pro tvorbu retenčních křivek byly využívány modely podle Seki et al. (2023), jež jsou dostupné na webových stránkách <https://seki.webmasters.gr.jp/swrc/>. Jako optimální byl využit duální van Genuchtenův model (van Genuchten 1980).

### Statistické zpracování

Statistická analýza dat byla provedena v programu Tibco Statistica. Pro porovnání jednotlivých lokalit byl použit neparametrický Kruskal-Wallis H test (Kruskal-Wallis ANOVA), který je vhodný pro porovnání více než dvou skupin dat, přičemž nepředpokládá jejich normální rozdělení.

Tab. 1.

Charakteristiky ploch s měřením půdní vlhkosti.  
Characteristics of plots with soil moisture measurement.

Lokalita/ Locality	zkratka/ abbr.	nadm. výška/ altitude	Volná plocha VP/ Open plot VP/ SLT/site index	Plocha „mladý“ smrk SMS/ Plot „young“ spruce SMS			Plocha „dospělý“ smrk SMD/ Plot „mature“ spruce SMD		
				SLT/ site index	věk/ age	výč. základna/ basal area	SLT/ site index	věk/ age	výč. základna/ basal area
				[m]			[m]		
				[roky/years]		[m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ]		[m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ]	
Devítková cesta	DC	680	5S	5S	26	35,4	5S	121	44,2
Pod Quinburkem	PQ	770	5S	5S	59	60,6	5S	135	69,4
Medvědí cesta	MC	1050	6B	6B	42	61,2	6B	88	53,3

## VÝSLEDKY

## Srážky a intercepce na výzkumných plochách

Pro interpretaci měření vlhkosti půdy je nutné alespoň stručně uvést výsledky měření srážek na jednotlivých plochách. Ty jsou za jednotlivá vegetační období sumarizovány v tabulce 2. Souhrnná data dokumentují, že hodnocená oblast je poměrně bohatě srážkami saturována – na volných plochách ve všech případech převyšují hodnotu 400 mm. Zatímco během vegetačních období 2022 a 2023 bylo zaznamenáno obdobné množství srážek (v roce 2022 bylo měření zahájeno až v květnu, čemuž odpovídají o něco nižší hodnoty), v roce 2024 jsou úhrny dvojnásobné. Tento rozdíl je ovšem způsoben přívalovými dešti v průběhu září (srážky ve dnech 13. – 16. 9. 2024 vedly ke katastrofickým povodním), kdy v průběhu jednoho měsíce na sledovaných lokalitách spadlo 487 mm (PQ), 512 mm (DC) a 608 mm (MC) srážek. Zároveň před těmito extrémními srážkami bylo zaznamenáno nejdelší období bez deště, které trvalo od 20. 8. do 9. 9. 2024. Z dat Českého hydrometeorologického ústavu (<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>) vyplývá, že vegetační období (v našem případě období duben–říjen) bylo v letech 2022 a 2023 v Olomouckém kraji srážkově obvyklé s 89 % a 98 % srážkového úhrnu ve srovnání s platným normálovým obdobím 1991–2020. Rok 2024 byl díky přívalovým deštům v září výrazně nadnormální se 130 % normálu. Pokud ovšem porovnáme pouze úhrny za měsíce duben–srpen a říjen s dlouhodobým normálem, dostaneme se také na hodnotu, která odpovídá dlouhodobému normálu (99 %).

Přestože srážky mají obecně tendenci narůstat s nadmořskou výškou, na volné ploše na Devítkové cestě (680 m n. m.) jsou mírně vyšší než Pod Quinburkem (770 m n. m.). Nejvyšší srážky byly dle očekávání naměřeny na Medvědí cestě (1 050 m n. m.).

Intercepce jednotlivých smrkových porostů se ve vegetačním období pohybovala od 28 % do 62 %. Nejnižší byla v mladším porostu smrku na Devítkové cestě (28–36 %), což odpovídá jednak nejnižšímu věku, jednak nejnižší kruhové výčetní základně.

## Vývoj vlhkosti půdy

Vývoj vlhkosti půdy v jednotlivých hloubkách podle lokalit je patrný z obrázku 1(a-c). V nejnižše položené lokalitě na Devítkové cestě vlhkost v půdním profilu s hloubkou klesala a v hloubce 10 cm a 50 cm byla vždy nejnižší na volné ploše oproti smrkovým porostům. V hloubce 10 cm byl rozdíl vlhkosti na volné ploše (v dlouhodobém průměru 30,0 %) výrazně vyšší oproti středně starému smrku (dlouhodobý průměr 18,1 %), naopak v dospělém porostu smrku se vlhkost ve svrchní vrstvě půdy od volné plochy statisticky významně neodlišovala (dlouhodobý průměr 28,1 %), v některých měsících byla i vyšší. Poněkud překvapivá data jsou z hloubky 30 cm, kde byla nejvyšší půdní vlhkost zaznamenána naopak ve středně starém porostu smrku, kde byla i výrazně vyšší než v hloubce 10 cm (dlouhodobý průměr 23,9 %). Nejnižší vlhkost půdy byla naměřena v hloubce 50 cm, kde byla vždy o něco vyšší na volné ploše (dlouhodobý průměr 12,5 %) oproti středně starému a dospělému smrkovému porostu (dlouhodobý průměr 11,1 %, respektive 9,3 %). Na středně položené lokalitě Pod Quinburkem byly s výjimkou hloubky 10 cm měřeny vyšší vlhkosti půdy než na Devítkové cestě. V hloubkách 10 cm a 30 cm byly hodnoty volné plochy vždy vyšší oproti oběma lesním porostům (dlouhodobé průměry v 10 cm byly 21,7 % VP, 14,0 % SMS, 16,8 % SMD ve 30 cm VP 25,3 %, SMS 16,2 %, SMD 13,8 %), v hloubce 50 cm však byly rozdíly mezi volnou plochou a dospělým porostem smrku méně výrazné (dlouhodobý průměr 24,9 %, respektive 21,8 %) než oproti středně starému smrku (dlouhodobý průměr 13,8 %).

## Půdní vodní potenciál, hodnocení sucha, retenční křivky

Na obrázku 2(a-c) je představen průběh půdní vlhkosti na jednotlivých plochách ve všech hloubkách půdy s instalací čidel ve srovnání s denním úhrnem srážek na volné ploše (srážky ve dnech 13. – 15. 9. výrazně převyšovaly 50 mm a jsou mimo zobrazovanou oblast grafu) a vývojem hodnot půdního vodního potenciálu (SWP). Ten je standardně udáván v záporných tlakových jednotkách v MPa. Měření sádrovými bločky je přesnější zejména v nižších hodnotách půdního tlaku, je tedy vhodné pro určení deficitu vody v půdě. Obecně při hod-

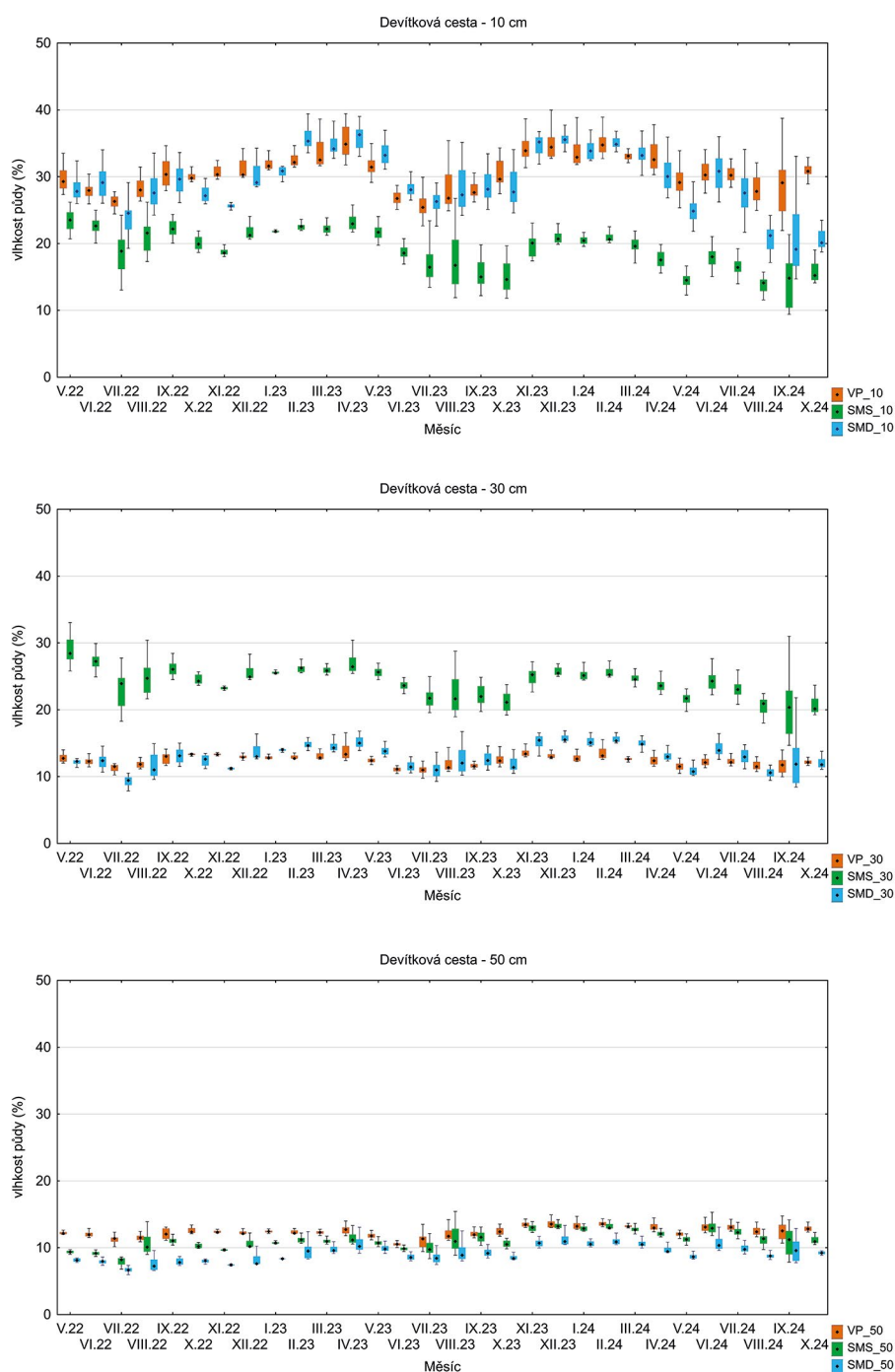
Tab. 2.

Úhrnné množství srážek na volné ploše (VP) a pod porosty smrku (SMS a SMD) ve sledovaných obdobích na jednotlivých plochách. Sum of precipitaton in open plot (VP) and Norway spruce stands (SMS, SMD) in monitored period on individual plots.

období/period	lokalita/locality	VP [mm]	SMS [mm]	SMS intercepce	SMD [mm]	SMD intercepce
V–X 2022	DC	455,4	311,4	32%	210,3	54%
	PQ	431,2	200,2	54%	218,8	49%
	MC	581,7	278,3	52%	261,0	55%
IV–X 2023	DC	546,0	391,4	28%	387,5	29%
	PQ	462,6	275,6	40%	306,7	34%
	MC	723,2	487,5	33%	385,0	47%
IV–X 2024	DC	1022,4	658,5	36%	392,3	62%
	PQ	976,4	455,0	53%	547,3	44%
	MC	1245,6	476,4	62%	495,7	60%

notách pod  $-1,0$  MPa můžeme hovořit o stresu pro rostliny,  $-1,5$  MPa je již hodnota tzv. trvalého bodu vadnutí, při kterém je významně omezen příjem vody z půdy kořeny rostlin. Z křivek půdního vodního potenciálu na našich plochách vyplývá, že takovéto suché periody jsou v námi studovaných povodích spíše vzácné. Na lokalitě Devítková cesta dosahovaly nejnižší hodnoty půdního vodního potenciálu pouze  $-0,3$  MPa v suchém období na přelomu srpna a září 2024, a to pouze ve smrkových porostech. Na volné ploše nebyl pokles vodního poten-

ciálu vůbec zaregistrován. Nejvýraznější poklesy půdního vodního potenciálu byly zaznamenány na lokalitě Pod Quinburkem, v červnu 2023 krátce i v hloubce 10 cm na volné ploše. Výraznější však byla suchá období v obou smrkových porostech, a to zejména ve druhé polovině srpna a na počátku září 2024, kdy v dospělém smrkovém porostu poklesl půdní vodní potenciál k hodnotě  $-1,5$  MPa i v hloubce 30 cm. Zajímavá je situace na lokalitě Medvědí cesta. Přestože byly plochy v nadmořské výšce přes 1 000 m n. m. nejlépe saturovány srážkami,



**Obr. 1a.**

Vývoj objemové půdní vlhkosti v hloubce 10, 30 a 50 cm na lokalitě Devítková cesta.

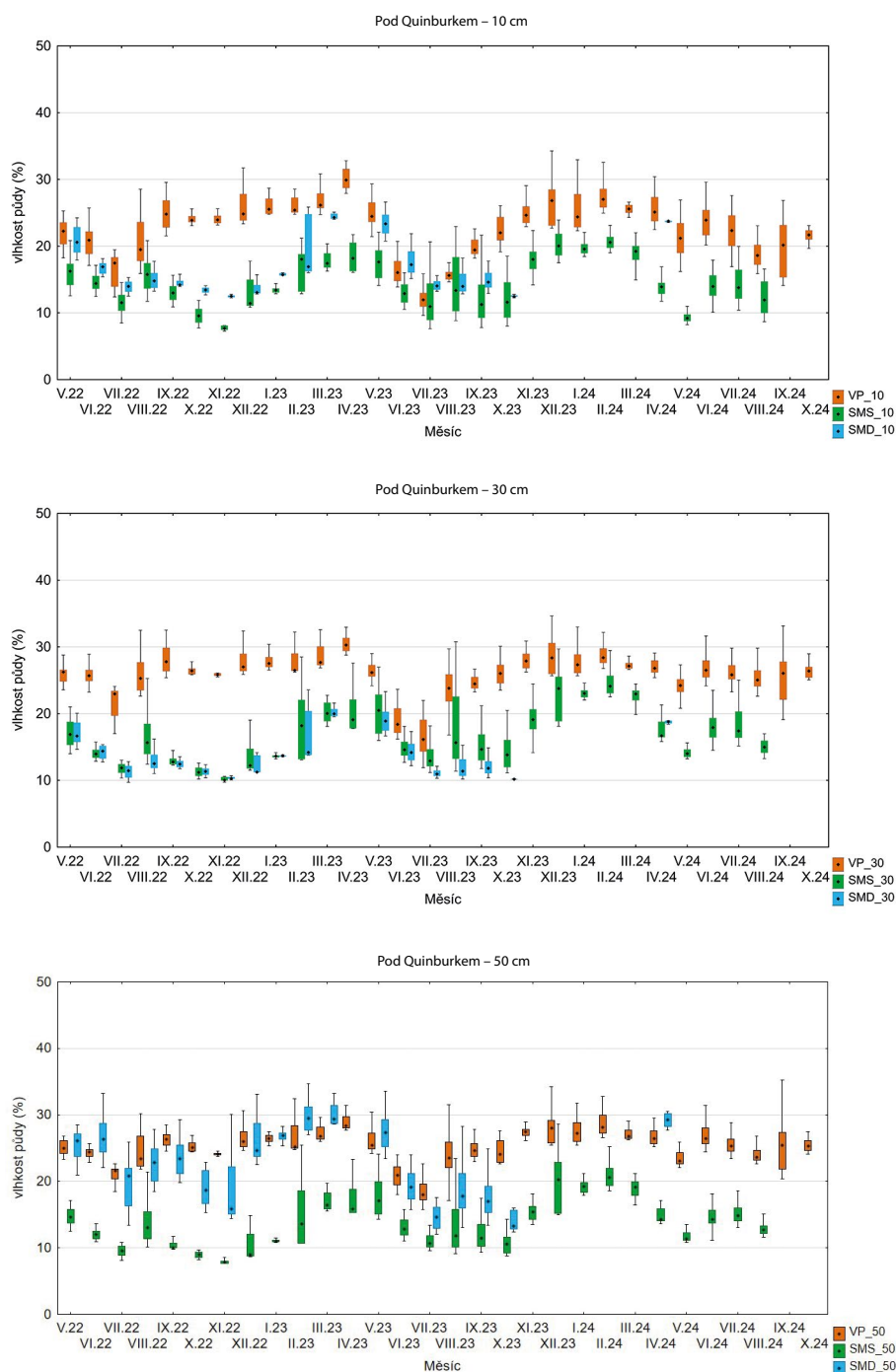
**Fig. 1a.**

Development of soil moisture in depth of 10 cm, 30 cm and 50 cm at the DC locality.

projevil se zde pokles půdního vodního potenciálu ve středně starém smrkovém porostu v září 2024 a dokonce opakovaně v dospělém porostu smrku, a to jak v průběhu vegetačního období 2023, tak i v roce 2024. V obou porostech se však vždy jednalo pouze o „prosychání“ nejsvrchnější vrstvy půdy v 10 cm.

Období, ve kterých došlo k silnému poklesu půdního vodního potenciálu nám umožňují zpřesnění retenčních křivek na základě měření *in*

*situ*, které by mělo být přesnější, respektive vhodnější pro interpretaci měřených dat vlhkosti půdy. V našem případě můžeme tyto křivky vytvořit pro hloubku půdy 10 cm na plochách lokality Pod Quinburkem a ve smrkových porostech na Medvědí cestě. Vzhledem k tomu, že rozsah měření sádrovými bločky Delmhorst začíná až u hodnoty -10 kPa, a neposkytuje tak dostatečná data při vyšších vlhkostech půdy, byly hodnoty vlhkosti půdy při sacím tlaku do 10 kPa převzaty ze stanovení retenčních křivek z Kopeckého válečků v laboratoři



**Obr. 1b.**

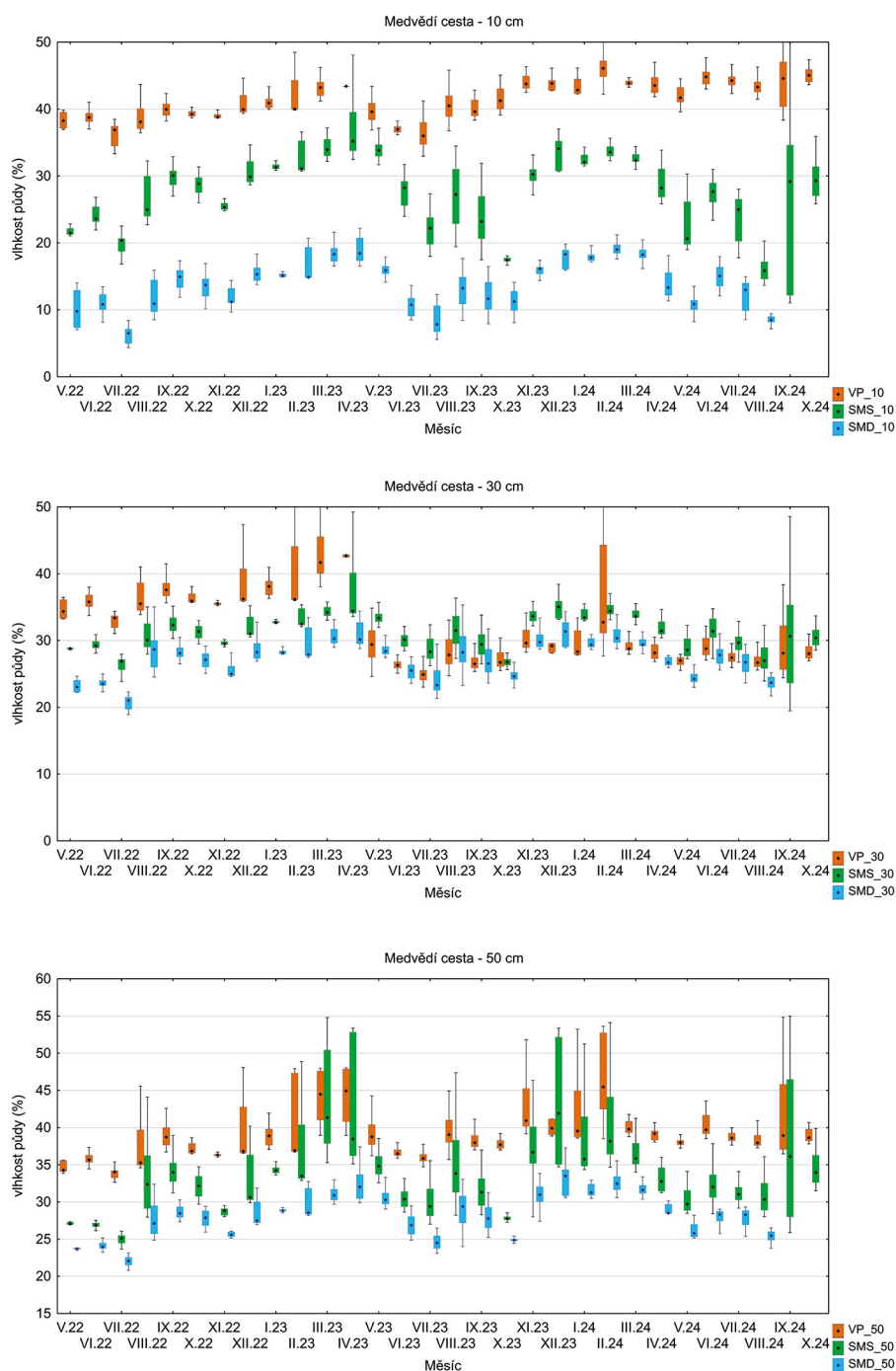
Vývoj objemové půdní vlhkosti v hloubce 10, 30 a 50 cm na lokalitě Pod Quinburkem.

**Fig. 1b.**

Development of soil moisture in depth of 10 cm, 30 cm and 50 cm at the PQ locality.

VÚMOP (obr. 3). Výsledky ukazují, že zatímco ve středně starém smrkovém porostu na Medvědí cestě a v dospělém smrku Pod Quinburkem dochází k výraznému poklesu půdního vodního potenciálu (pod -1 MPa) již při měření vlhkosti půdy 13 %, na volné ploše

Pod Quinburkem je to 11 %, ve středně starém smrku na téže lokalitě 8 % a v dospělém porostu na Medvědí cestě pouze 7 %. Rozdíl v těchto hodnotách není významný a pravděpodobně je ovlivněn variabilitou půdy v oblasti umístění čidel, hodnoty vlhkosti jsou však výrazně nižší, než vycházelo pouze z laboratorního stanovení (19–23 %).



**Obr. 1c.**

Vývoj objemové půdní vlhkosti v hloubce 10, 30 a 50 cm na lokalitě Medvědí cesta.

**Fig. 1c.**

Development of soil moisture in depth of 10 cm, 30 cm and 50 cm at the MC locality.

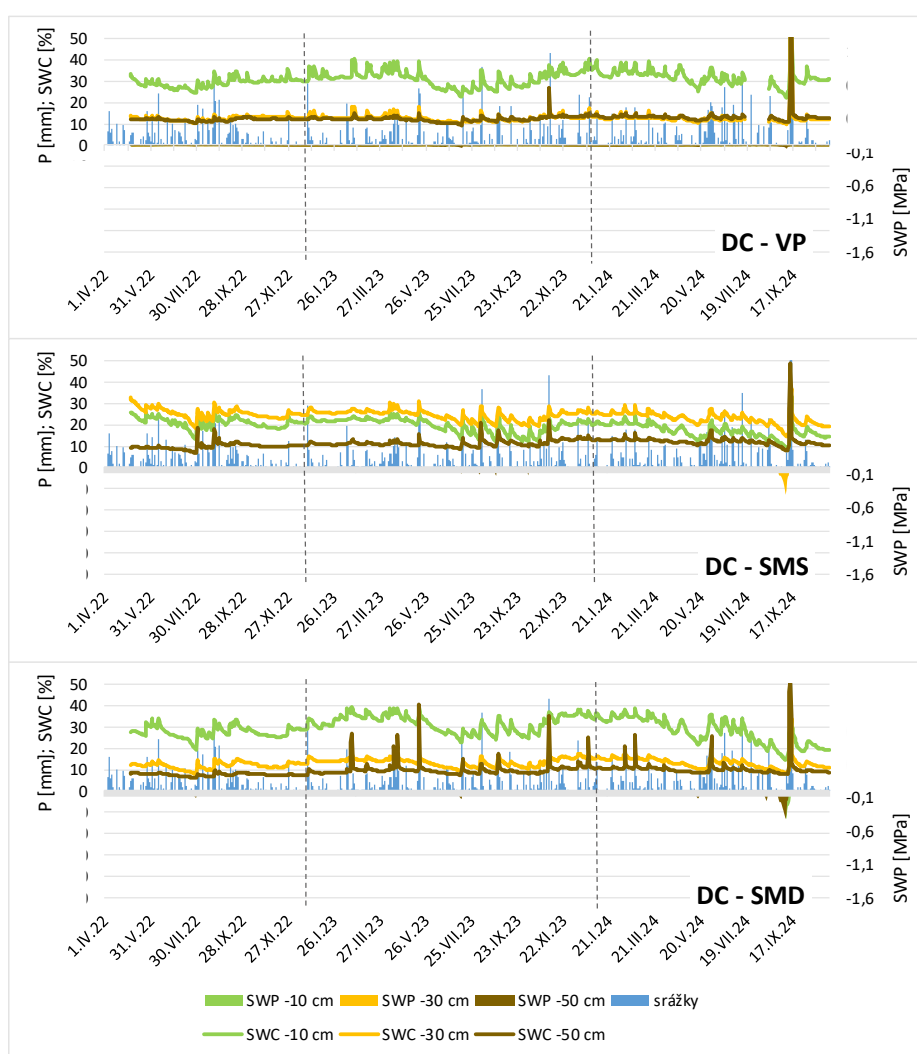
## DISKUSE

Z hlediska měření srážek může být poněkud překvapivé mírně nižší množství na plochách Pod Quinburkem (770 m n. m.) oproti Devítkové cestě (680 m n. m.), které neodpovídá výškovému gradientu. Jak ukazuje podrobná studie z této oblasti (ŠRÁMEK et al. 2025) i z dalších horských regionů (COSMA et al. 2002; KOZAK et al. 2019), lokální úhrny srážek v horských oblastech jsou často ovlivněny orografií. V tomto případě zřejmě hraje svou roli, že zatímco plochy Pod Quinburkem jsou na bočním hřebeni, lokalita na Devítkové cestě je v údolnici Slučího potoka.

Rozsah intercepce odpovídá hodnotám pro smrkové porosty. Je ovšem třeba si uvědomit, že jde o hodnoty za vegetační období, kdy je vyšší výpar, a tím je i celková intercepce vyšší než v rámci celoroční bilance. Např. JANČO et al. (2021) uvádějí pro Západní Tatry s úhrny srážek 1 450 mm intercepce dospělého smrkového porostu ve výši pouze 27–30 %, v nižších polohách s menšími srážkovými úhrny pře-

sahuje obvykle intercepce smrkových porostů hodnotu 50 % (KREČMER, FOJT 1981; ŠRÁMEK et al. 2019). BARTÍK et al. (2016) uvádějí pro poškozené porosty v Západních Tatrách vyšší hodnoty intercepce pod poškozenými porosty (18,3 %) oproti zdravému porostu smrku (pouze 10,1 %), v souvislosti s nižším vyčesáváním vlhkosti v ovzduší (tzv. horizontální srážky).

Výsledky měření půdních parametrů jsou do určité míry limitovány způsobem „běžného“ hydrologického monitoringu, který neumožňuje dostatečně podrobně pochytit variabilitu půdního prostředí na jednotlivých plochách (KAMGAR et al. 1993; BROCCA et al. 2010; LIU et al. 2025) a který je obvykle zatížen i určitými výpadky měření – v našem případě způsobenými poškozením přístrojů zvěří (lokalita Medvědí cesta) a průnikem vlhkosti do dataloggeru při výměně baterií (lokalita Pod Quinburkem). Variabilita měření je ovlivněna místní texturou půdy (tedy i půdní vrstvou, ve které je čidlo umístěno), vegetací (v malém měřítku rozmístěním kořenů v blízkosti čidel), topografií, vysta-



**Obr. 2a.**

Vývoj objemové vlhkosti půdy (SWC), půdního vodního potenciálu (SWP) a srážek (P) na plochách v lokalitě Devítková cesta.

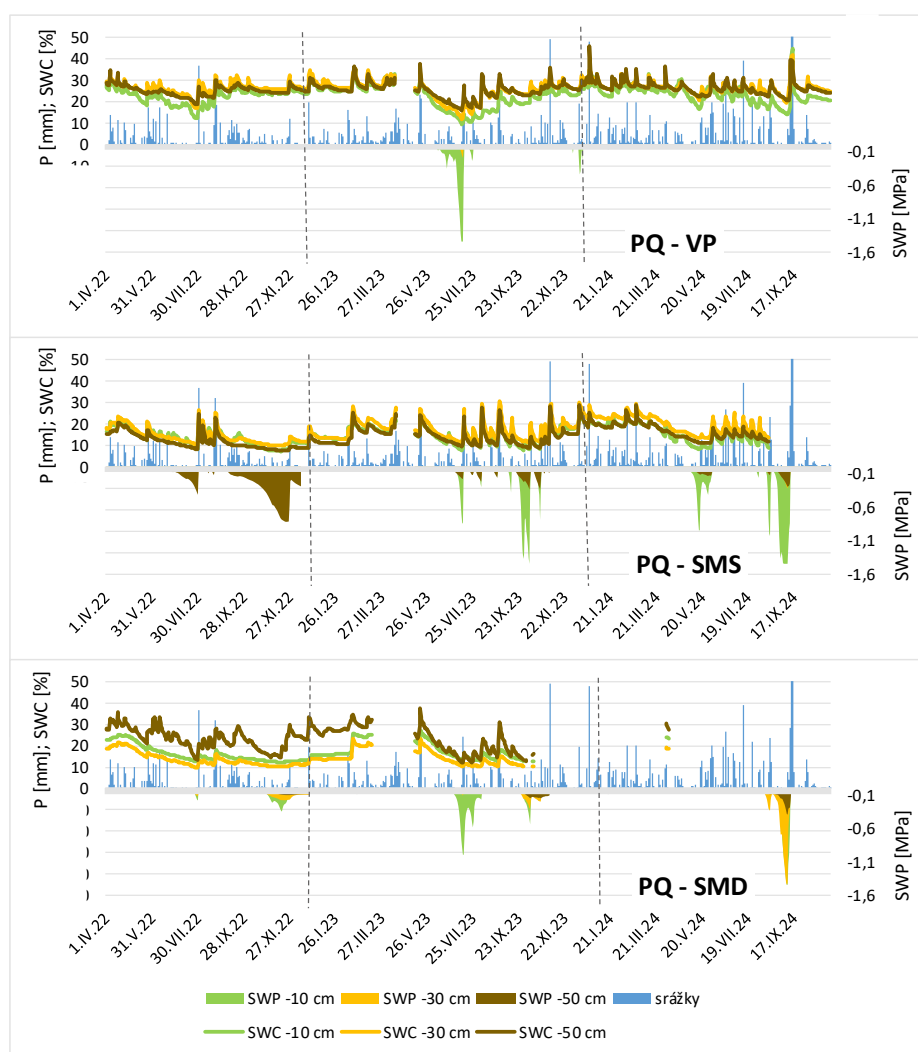
**Fig. 2a.**

Development of soil volumetric water content (SWC), soil water potential (SWP) and precipitation (srážky; P) in the DC locality.

vením slunečnímu záření a liší se i v závislosti na době srážky a aktuální vlhkosti půdy (CosH et al. 2004). Vliv proměnlivých půdních podmínek v námi zvolených konstantních hloubkách měření můžeme předpokládat například u středně starého smrkového porostu na lokalitě Devítková cesta, kde jsou výrazně nižší vlhkosti v hloubce půdy 10 cm oproti dospělému smrku i volné ploše, naopak ve 30 cm se zde pohybují vlhkosti v signifikantně vyšších hodnotách než na okolních plochách. To lze vysvětlit pravděpodobným umístěním čidla v hloubce 10 cm těsně pod vyšší vrstvou humusu, která rychleji prosychá, naopak hlubší čidlo ve 30 cm je tak v podmínkách, které by odpovídaly spíše 10 cm na okolních lokalitách. Přes tyto komplikace způsobené lokální variabilitou se vlhkost půdy v malých lesních povodích obvykle vyvíjí synchronně (PENG et al. 2016), což umožňuje vyvodit i z našich měření obecné závěry.

Obecně nejvyšší vlhkost půdy byla zaznamenána na volné ploše, ve smrkových porostech byla v naprosté většině případů signifikantně

nižší. Výjimkou je pouze středně starý smrkový porost na Devítkové cestě, kde byla v 10 cm prakticky stejná vlhkost jako na volné ploše, o to nižší hodnoty jsou však zde zjištěny ve 30 cm. Jak bylo uvedeno výše, je tato odchylka způsobena umístěním čidla a jeho ovlivněním vyšší mocností humusové vrstvy. Rozdíly mezi jednotlivými plochami jsou zpravidla vyšší ve svrchních vrstvách půdy (10 cm), v hlubších vrstvách se snižují. Vysvětlení je zřejmé – vodní bilance volné plochy není omezena intercepcí korunové vrstvy dřevin, která může významně redukovat vstup vody do půdy – např. KOFRONOVÁ et al. (2021) dokládají měsíční intercepci smrkového porostu na povodí Liz v rozsahu 5,8–53,0 %. Významná může být i silná nadložní vrstva humusu. FLORIANCIC et al. (2023) uvádějí retenční schopnost humusové vrstvy ve smrkovém porostu ve výši 3,1 mm s tím, že může celkově zadržovat až 18 % ročních srážek. Významný je také vliv transpirace smrkového porostu, která ve vegetační sezóně využívá až 55 % z úhrnu porostních srážek a až 75 % z disponibilní vody v zóně maximálního prokořnění (CLAUSNITZER et al. 2011) – tedy v našem případě ve svrchních



**Obr. 2b.**

Vývoj objemové vlhkosti půdy (SWC), půdního vodního potenciálu (SWP) a srážek (P) na plochách v lokalitě Pod Quinburkem.

**Fig. 2b.**

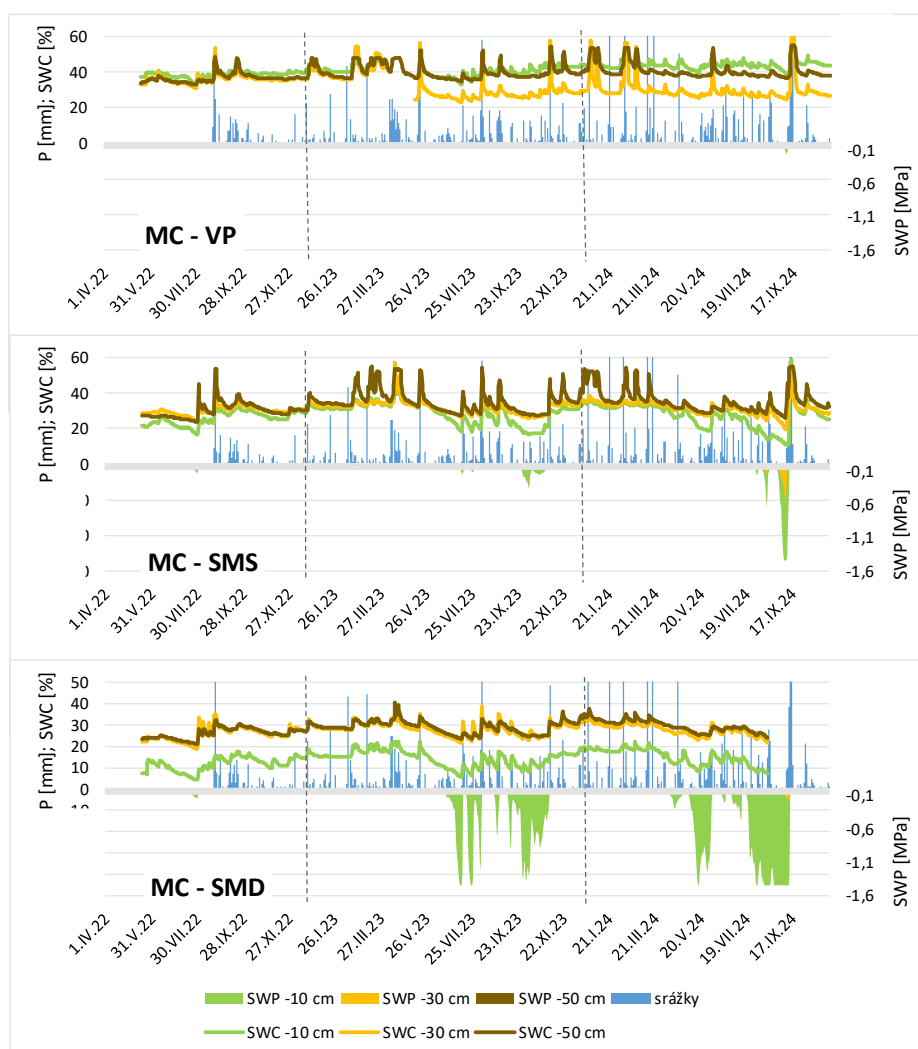
Development of soil volumetric water content (SWC), soil water potential (SWP) and precipitation (srážky; P) in the PQ locality.

vrstvách minerální půdy (10 cm). Průběhu transpirace rovněž odpovídá roční průběh vlhkosti půdy, která dosahovala nejvyšších hodnot v jarních měsících (duben 2023, únor–březen 2024), následně se prudce snižovala, nejnižších průměrných hodnot dosahovala v letních měsících a během podzimu se obvykle začínala zvyšovat. Signifikantní rozdíly ve vlhkosti půdy mezi středně starým a dospělým porostem smrku, které rovněž mohou souviset s rozdílnou intenzitou transpirace a v počátku vegetačního období rovněž s odlišnou distribucí sněhu v porostech různého věku (HRÁBEK et al. 2012), byly zjištěny pouze na lokalitě Medvědí cesta.

Z naměřených dat je patrné, že suchá období se na sledovaných povodích projevila minimálně, přestože roky 2022, 2023 a 2024 patřily mezi rekordně teplé v ČR i v celosvětovém měřítku (ŠRÁMEK, NOVOTNÝ 2025). Data půdního vodního potenciálu však naznačují, že jeho nízké hodnoty v povrchových vrstvách půdy, které jsou hlavní oblastí prokořenění smrku, mohou negativně ovlivňovat vodní provoz a transpi-

raci dřevin (SPERRY et al. 2002; MARTÍNEZ-VILALTA, GARCIA-FORNER 2017; CAI et al 2021), což může přispívat ke snížení odolnosti vůči biotickým patogenům – např. kůrovcům. Na druhou stranu v námi měřeném období byly tyto epizody krátkodobé a výrazně nižší intenzity, než dokládají měření ze smrkových porostů v nižších polohách (ŠRÁMEK et al. 2019). Zároveň s projevy změn klimatu je však nutné s tímto stresem počítat i v horských oblastech (HAN, SINGH 2020).

Hodnota 7–11 % objemové vlhkosti půdy, která dle námi vytvořených retenčních křivek odpovídá zvýšené míře stresu pro lesní porosty, velmi dobře koresponduje s údaji v práci VLČKOVÁ et al. (2012), která v sérii vzorků lesních půd stanovila objemovou vlhkost odpovídající půdnímu vodnímu potenciálu -1,5 MPa v rozsahu 9,1–10 %. STŘELCOVÁ et al. (2013) uvádějí výrazné snížení transpirace při objemové vlhkosti půdy 10,4–13,7 %. Pro hrubou orientaci tak lze v dalším monitoringu považovat za zvýšené riziko sucha půdní vlhkost o hodnotě 10 % a nižší.

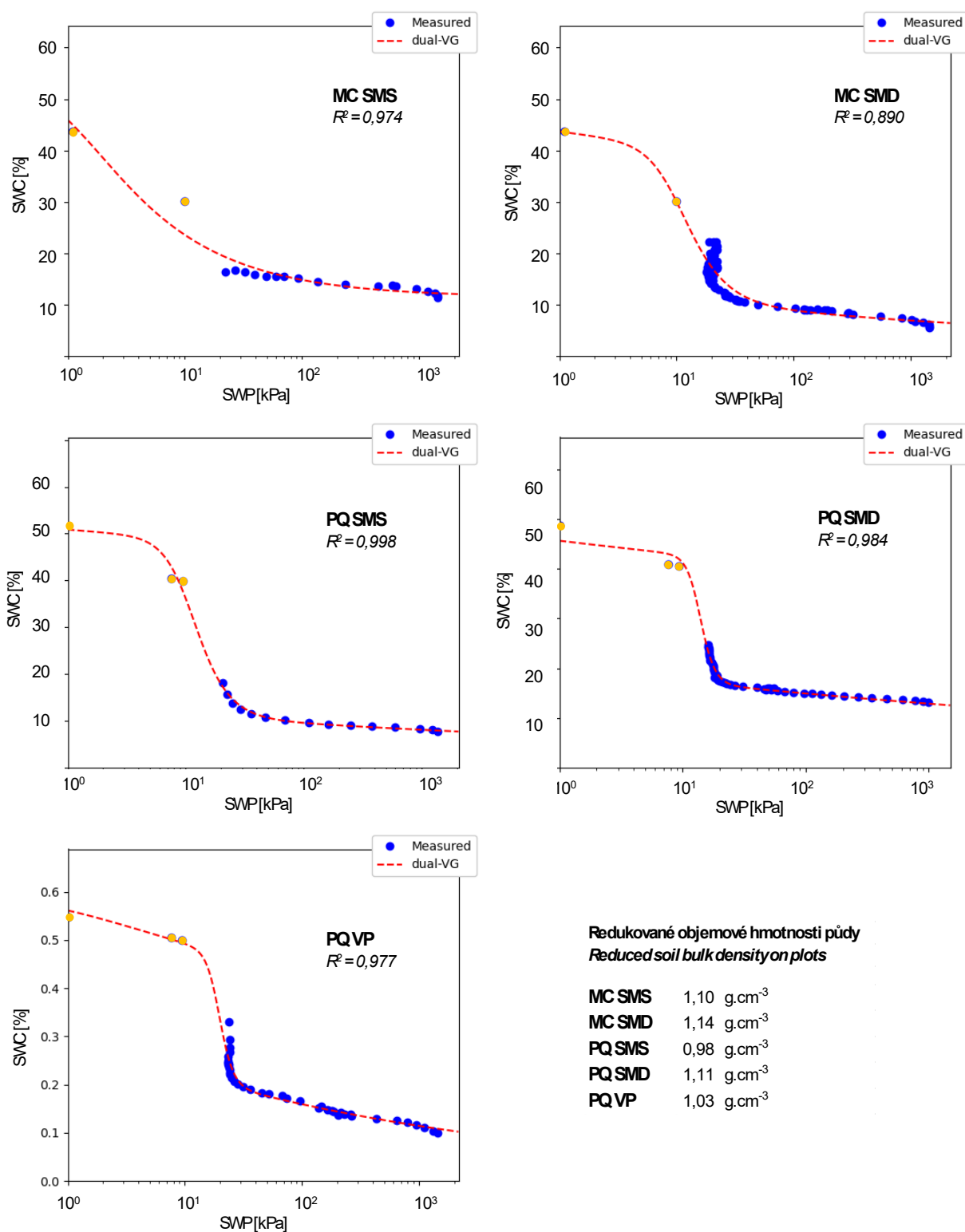


**Obr. 2c.**

Vývoj objemové vlhkosti půdy (SWC), půdního vodního potenciálu (SWP) a srážek (P) na plochách v lokalitě Medvědí cesta.

**Fig. 2c.**

Development of soil volumetric water content (SWC), soil water potential (SWP) and precipitation (srážky; P) in the MC locality.



**Obr. 3.**

Kombinované retenční křivky pro hloubku půdy 10 cm sestavené na základě dat zjištěných v laboratoři (váleček) a měřených hodnot *in situ*. V prvním řádku křivky pro smrkové porosty na Medvědí cestě, níže smrkové porosty a volná plocha na lokalitě Pod Quinburkem.

**Fig. 3.**

Combined retention curves for soil depth of 10 cm compiled on the base of laboratory data (ring) and data measured *in situ*. Curves in the first row show the spruce stands at Medvědí cesta (MC) locality, and the curves below depict spruce stands and open plot at the locality Pod Quinburkem (PQ).

## ZÁVĚR

Studie prezentuje výsledky měření srážek, půdní vlhkosti a půdního vodního potenciálu ve třech vegetačních sezónách na malých lesních povodích v Hrubém Jeseníku, které byly z části postiženy kůrovcovou kalamitou. I když jsou výsledky do určité míry zatíženy vysokou variabilitou vlhkosti v půdním prostředí, přinášejí některé poznatky. Přestože úroveň srážek obecně stoupá s nadmořskou výškou, vlhkost půdy je závislá i na dalších parametrech, kromě fyzikálních vlastností půdy především na reliéfu. V našem případě tak byly nižší hodnoty vlhkosti půdy měřeny na výše položené lokalitě Pod Quinburkem (770 m n. m.) oproti níže položené ploše Devítková cesta (680 m n. m.). Rozdíly v půdní vlhkosti mezi jednotlivými lesními porosty (smrk různého věku) není možné doložit, nicméně vlhkost půdy na volné ploše je vždy signifikantně vyšší. Nejmenší rozdíly v půdní vlhkosti a celkově nejvyšší vlhkost půdy je dosahována na konci zimního období, kdy je v půdě zásoba vody ze zimního období, z tající sněhové pokrývky, a kdy porosty ještě významně netranspirují. V počátku vegetační sezóny pak zásoba vody klesá a následně se vyvíjí podle průběhu meteorologických podmínek, především úhrnů srážek. Vzhledem k tomu, že se námi zkoumané lokality nachází v horské oblasti, nebyly zde ve vegetačních sezónách 2022–2024 zjištěny výraznější periody sucha. Kratší období s hodnotami půdního vodního potenciálu pod  $-1,5$  MPa byla identifikována pouze ve smrkových porostech, především ve svrchních vrstvách půdy (10 cm), které jsou ovšem zónou hlavního prokořenění. K určitému stresu suchem tak zde může v teplých obdobích bez srážek docházet, což může do určité míry i snižovat odolnost smrkových porostů k dalším stresovým faktorům. Na volných plochách prakticky nebylo půdní sucho zaznamenáno.

Celkově lze konstatovat, že ztráta lesního pokryvu, ke které přechodně došlo v důsledku kůrovcové kalamity, nemá zásadní vliv na vývoj půdní vlhkosti. Přinejmenším zde nedochází k „vysychání krajiny“, jak je někdy v médiích uváděno. Otázkou je, zda se nemůže snížit retenční schopnost půd v případě přívalových srážek (kvůli vyšší zásobě vody v půdě na odlesněných lokalitách a snížené intercepci). Kvantifikace tohoto jevu je předmětem navazující činnosti – i s přihlédnutím k poznatkům získaným v průběhu extrémních srážek a následných přívalových povodní v září 2024 se však nezdá, že by byl efekt dočasně odlesnění na retenci srážek výrazný.

### Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QK22010189 „Vliv odlesnění na vodní režim malých povodí“. Zároveň byly využity poznatky získané v rámci institucionální podpory Ministerstva zemědělství: MZE-RO0123.

## LITERATURA

- BARTÍK M., JANCO M., STŘELCOVÁ K., ŠKVARENINOVÁ J., ŠKVARENINA J., MIKLOŠ M., VIDO J., DAGSSON WALDHAUSEROVÁ P. 2016. Rainfall interception in a disturbed montane spruce (*Picea abies*) stand in the West Tatra Mountains. *Biología*, 71: 1002–1008. DOI: 10.1515/biolog-2016-0119
- BÍBA M., VÍCHA Z., JANOVÁ K., JAŘABÁČ M. 2010. Obnova lesa v experimentálním povodí Červík a její vliv na odtokový proces. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 126–132.
- BLUM A. 2004. Forest functions. In: Burley J. et al. (eds.): *Encyclopedia of forest sciences*. Amsterdam, Elsevier: 1121–1126.
- BROCCA L., MELONE F., MORAMARCO T., MORBIDELLI R. 2010. Spatial-temporal variability of soil moisture and its estimation across scales. *Water Resources Research*, 46: W02516. DOI: 10.1029/2009WR008016
- CAI G., AHMED M.A., ABDALLA M., CARMINATI A. 2021. Root hydraulic phenotypes impacting water uptake in drying soils. *Plant, Cell & Environment*, 43: 650–663. DOI:10.1111/pce.14259
- CLAUSNITZER F., KÖSTNER B., SCHWÄRZEL K., BERNHOFER C. 2011. Relationships between canopy transpiration, atmospheric conditions and soil water availability – Analyses of long-term sap-flow measurements in an old Norway spruce forest at the Ore Mountains/Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151 (8): 1023–1034. DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.04.007
- COSH M.H., STEDINGER, J.R., BRUTSAERT W. 2004. Variability of surface soil moisture at the watershed scale. *Water Resources Research*, 40: W12513. DOI:10.1029/2004WR003487
- COSMA S., RICHARD E., MINISCLoux F. 2002. The role of small-scale orographic features in the spatial distribution of precipitation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 128: 75–92. DOI: 10.1256/00359000260498798
- DEUTSCHER J., KUPEC P. 2014. Monitoring and validating the temporal dynamics of interday streamflow from two upland head micro-watersheds with different vegetative conditions during dry periods of the growing season in the Bohemian Massif, Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186 (6): 3837–3846. DOI: 10.1007/s10661-014-3661-5
- FLORIANCIC M.G., ALLEN S.T., MEIER R., TRUNIGER L., KIRCHNER J.W., MOLNAR P. 2023. Potential for significant precipitation cycling by forest-floor litter and deadwood. *Ecohydrology*, 16 (2): e2493. DOI: 10.1002/eco.2493
- HAN J., SINGH V.P. 2020. Forecasting of droughts and tree mortality under global warming: a review of causative mechanisms and modeling methods. *Journal of Water and Climate Change*, 11: 600–632. DOI:10.2166/wcc.2020.239
- HRÍBIK M., VIDA T., ŠKVARENINA J., ŠKVARENINOVÁ J., IVAN L. 2012. Hydrological effects of Norway spruce and European beech on snow cover in a mid-mountain region of the Polana Mts., Slovakia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 60: 319–332. DOI: 10.2478/v10098-012-0028-x
- CHLEBEK A., JAŘABÁČ M. 1995. 40 let lesnicko-hydrologického výzkumu v Beskydech 1953–1993. Strnady, VÚLHM: 29 s. Lesnický průvodce 2/1995.
- JANČO M., MEZEI P., KVAS A., DANKO M., SLEZIAK P., MINDÁŠ J., ŠKVARENINA J. 2021. Effect of mature spruce forest on canopy interception in subalpine conditions during three growing seasons. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 69: 436–446. DOI: 10.2478/johh-2021-0025

- KAMGAR A., HOPMANS J.V., WALLENDER W.W., WENDROTH O. 1993. Plotsize and sample number for neutron probe measurements in small-field trials. *Soil Science*, 156 (4): 213–224. DOI: 10.1097/00010694-199310000-00001
- KEYS P.W., WANG-ERLANDSSON L., GORDON L.J. 2016. Revealing invisible water: Moisture recycling as an ecosystem service. *PLoS One*, 11 (3): e0151993. DOI: 10.1371/journal.pone.0151993
- KLAMERUS-IWAN A., LINK T.E., KEIM R.F., VAN STAN II J.T. 2020. Storage and routing of precipitation through canopies. In: Van Stan II J.T. et al. (eds.): *Precipitation partitioning by vegetation: A global synthesis*. Cham, Springer: 17–34.
- KOFROŇOVÁ J., ŠÍPEK V., HNILICA J., VLČEK L., TESAŘ M. 2021. Canopy interception estimates in a Norway spruce forest and their importance for hydrological modelling. *Hydrological Sciences Journal*, 66: 1233–1247. DOI: 10.1080/02626667.2021.1922691
- KOZAK J., CEBULAK D., STEC T., JAGUS A. 2019. Variation of precipitation gradient in mountain areas based on the example of the Western Beskids in the Polish Carpathians. *Journal of Ecological Engineering*, 20: 261–266. DOI: 10.12911/22998993/112502
- KREČMER V., FOJT V. 1981. Intercepce smrčín chlumní oblasti. *Vodohospodářský časopis*, 29: 33–49.
- KŘÍSTEK Š., APLTAUER J., DUŠEK D., KAČMAŘÍK V., LEUGNER J., MLČOUŠEK M., PAŘÍZKOVÁ A., SOUČEK J., ŠPULÁK O., VÁLEK M. 2024. Generel obnovy lesních porostů po kalamitě: Etapa VII. Brandýs nad Labem, ÚHÚL; Strnady, VÚLHM: 73 s. Dostupné též: [https://nli.gov.cz/wp-content/uploads/Generel\\_etapa\\_VII.pdf](https://nli.gov.cz/wp-content/uploads/Generel_etapa_VII.pdf)
- KUPEC P., ŠKOLOUD L., DEUTSCHER J. 2018. Tree species composition influences differences in water use efficiency of upland forested microwatersheds. *European Journal of Forest Research*, 137: 477–487. DOI: 10.1007/s10342-018-1117-0
- KVĚTOŇ V., VOŽENÍLEK V. 2011. Klimatické oblasti České republiky: klasifikace podle Quitta za období 1961–2000. Olomouc, Univerzita Palackého; Praha, ČHMÚ: 1 mapa. ISBN: 978-80-86690-89-6
- LIU H.C., HUI S.Q., ZHAO Y.T., JIANG Y.J., QI Y.L., BOYER E.W., MELLO C.R., GUO L., LI H.X. 2025. Spatiotemporal variability of soil moisture and its influencing factors in a forested catchment with complex terrain. *Catena*, 256: 109079. DOI:10.1016/j.catena.2025.109079
- LUBOJACKÝ J., VÉLE A., SAMEK M., LORENC F., KNÍŽEK M. 2025. Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2024 a prognóza na rok 2025. In: Lorenc F. et al. (eds.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2024/2025. Ochrana lesa a ochrana přírody. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 24. 4. 2025. Strnady, VÚLHM: 18–25. Zpravodaj ochrany lesa, 28.*
- MARTÍNEZ-VILALTA J., GARCIA-FORNER N. 2017. Water potential regulation, stomatal behaviour and hydraulic transport under drought: deconstructing the iso/anisohydric concept. *Plant, Cell & Environment*, 40 (6): 962–976. DOI: 10.1111/pce.12846
- PEARCE F. 2020. Weather makers. *Science*, 368 (6497): 1302–1305. DOI: 10.1126/science.368.6497.1302
- PENG Z.Y., TIAN F.Q., HU H.C., ZHAO S.H., TIE Q., SHENG H., DARNAL C. LU H. 2016. Spatial variability of soil moisture in a forest catchment: Temporal trend and contributors. *Forests*, 7 (8): 154. DOI: 10.3390/f7080154
- SEKI K., TORIDE N., VAN GENUCHTEN M.T. 2023. Evaluation of a general model for multimodal unsaturated soil hydraulic properties. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 71 (1): 22–34. DOI: 10.2478/johh-2022-0039
- SPERRY J.S., HAECKE U.G., OREN R., COMSTOCK J.P. 2002. Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply. *Plant Cell and Environment*, 25: 251–263. DOI:10.1046/j.0016-8025.2001.00799.x
- ŠTRĚLCOVÁ K., KURJAK D., LESTIANSKA A., KOVALČÍKOVÁ D., DITMAROVÁ L., ŠKVARENINA J., AHMED Y.A. R. 2013. Differences in transpiration of Norway spruce drought stressed trees and trees well supplied with water. *Biología*, 68: 1118–1122. DOI: 10.2478/s11756-013-0257-4
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., ŠVIHLA V., PULKRAB K., ČERNOHOUS V., DUDÍK R. 2016. Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti ekosystémových služeb lesa v České republice. Certifikovaná metodika. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 33 s.
- ŠPULÁK O., NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ K., ČERNOHOUS V., VÍCHA Z. 2021. Hydrologická bilance experimentálního povodí Pekelského potoka v závislosti na potenciální úpravě druhové skladby. *Soubor map. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 49 s., mapy.*
- ŠRÁMEK V., FADRHOŇOVÁ V., NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ K. 2019. Interception and soil water relation in Norway spruce stands of different age during the contrasting vegetation seasons of 2017 and 2018. *Journal of Forest Science*, 65: 51–60. DOI: 10.17221/135/2018-JFS
- ŠRÁMEK V., FADRHOŇOVÁ V., NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ K. 2025. Rainfall variability in the mountain forest catchments of Černá Opava tributaries in the Jeseníky Mountains. *Journal of Forest Science*, 71: 138–148. DOI: 10.17221/96/2024-JFS.
- ŠRÁMEK V., UNUCKA J., JURDIČ J., FADRHOŇOVÁ V., NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ K. 2023. Kůrovcové holiny a voda v lesích – Nový monitoring lesních povodí v Hrubém Jeseníku. *Lesnická práce*, 102: 38–39.
- ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R. 2025. Povětrnostní podmínky a abiotická poškození v roce 2024. In: Lorenc F. et al. (eds.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2024/2025 – Ochrana lesa a ochrana přírody. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 24. 4. 2025. Strnady, VÚLHM: 11–17. Zpravodaj ochrany lesa.*
- ŠVIHLA V., ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2023. Odtoky z lesů v době klimatického sucha v povodí řeky Svratky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 68: 59–64. DOI: 10.59269/ZLV/2023/1/690
- UNUCKA J., ADAMEC M., PAVLÍKOVÁ I., ŠPULÁK O., ŠRÁMEK V., HELLEBRANDOVÁ K. 2025. Měření a modelování změn odtokového režimu v návaznosti na kalamitní rozpad a regeneraci porostů v lesních povodích v Jeseníkách. *VTEI*, 2025 (2): 12–18. DOI: 10.46555/VTEI.2025.01.002
- VAN DER ENT R.J., SAVENIJE H.H. G., SCHAEFLI B., STEELE-DUNNE S. 2010. Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resources Research*, 46 (9): W09525. DOI: 10.1029/2010WR009127
- VAN GENUCHTEN M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 892–898.
- VLČKOVÁ M., ŠRÁMEK V., MATOUŠKOVÁ V., BŘEZINA K. B., FADRHOŇOVÁ V., KULHAVÝ Z. 2012. Stanovení retenčních křivek bobtnavých a skeletovitých lesních půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57: 133–143.

## DEVELOPMENT OF SOIL MOISTURE IN THE CATCHMENTS OF RIGHT-HAND TRIBUTARIES OF THE ČERNÁ OPAVA RIVER IN THE HRUBÝ JESENÍK MTS.

### SUMMARY

Soil moisture monitoring in the Hrubý Jeseník Mountains is part of a research project focused on the impact of large-scale clear-cuttings carried out during the extensive bark beetle outbreak in 2015–2020 on hydrological processes in small forest catchments. The research area is located in the northeastern part of the Czech Republic in a cold and humid climatic zone (C6-C7 according to Quitt scale) and covers mountain slopes at an altitude from 630 to 1216 m above sea level. The geological subsoil consists mainly of blastomylonites, metagranitoides and quartzites with local deposits of phyllite and gneiss. The soils are dominated by cambisols, which transition into rankers in mountain range areas and near rock outcrops.

In 2022, three monitoring sites were established in three different altitudinal zones – Devítková cesta (DC) 680 m a.s.l., Pod Quinburkem (PQ) 770 m a.s.l. and Medvědí cesta (MC) 1,050 m a.s.l., each including an open area in a clear-cut (VP), a middle-aged Norway spruce stand (SMS) and a mature Norway spruce stand (SMD) (Table 1). On the plots, the volumetric soil moisture was measured using Truebner SM 100 sensors and the soil water potential using Delmhorst GB2 gypsum blocks, both at three soil depths (10 cm, 30 cm and 50 cm). The data were registered in individual intervals in the MicroLog SDI-MP (soil moisture) and MicroLog SP3 dataloggers supplied by Environmental Measuring Systems, s.r.o., Brno, Czech Republic (EMS Brno). Precipitation on open plot was measured by Proamic rain gauges (collecting area 200 cm<sup>2</sup>) and throughfall in forest stands by specific trough-shaped gauges (collecting area 1600 cm<sup>2</sup>), both recorded by Minikin Eri datalogger by EMS Brno. Soil retention curves for samples from individual soil depths at each site were determined in the laboratory of the Research Institute for Soil and Water Conservation in Prague.

The amount of precipitation and interception during the vegetation seasons is summarized in Table 2. The higher precipitation in the 2024 growing season is influenced by extreme rainfall from September 13 to 16, when the total rainfall exceeded 200 mm over several days and caused devastating floods in the region. Interception of Norway stands ranged between 29% and 62%, which is consistent with other studies. Development of soil moisture can be seen in Figure 1. Although there are some inconsistencies associated with soil variability, damage on sensors by deer etc., some important patterns could be described. Soil moisture was the highest at the beginning of vegetation season, then declined as the evapotranspiration increased. In open areas, significantly higher soil moisture was generally measured compared to Norway spruce stands, and that was most pronounced in the upper layer of mineral soil, which is densely rooted and influenced by crown interception. This finding is supported by the development of soil water potential (Fig. 2), which rather exceptionally decreased to strongly negative values ( $\approx -1.5$  MPa), especially in the upper mineral soil under spruce stands. Simultaneous measurement of soil moisture and soil water potential allowed for a more precise shape of retention curves (Fig. 3) that define significant drought stress at soil moisture of 7–11%, which corresponds to the study by VLČKOVÁ et al. (2012) from other areas of forest soils in the Czech Republic.

Overall, it can be stated that the loss of forest cover, which temporarily occurred as a result of the bark beetle outbreak, does not have a fundamental impact on the development of soil moisture. At least there is no “landscape drying out”, as it is sometimes reported in the media. The potential issue is the reduction in the retention capacity of soils to absorb larger amounts of torrential rainfall (due to higher water reserves in the soil in clear-cut locations and reduced interception). Quantification of this phenomenon is the subject of follow-up work. The finding obtained during the extreme rain event and subsequent floods in September 2024, however, do not seem to support the significance of this phenomenon.

*Zasláno/Received: 01. 09. 2025*

*Přijato do tisku/Accepted: 30. 09. 2025*