

VLASTNOSTI SNĚHU VE VZTAHU K MLADÝM POROSTŮM VYBRANÝCH DŘEVIN V HORSKÝCH POLOHÁCH

SNOW CHARACTERISTICS IN YOUNG STANDS SITUATED IN MOUNTAINS

JAN BARTOŠ – ONDŘEJ ŠPULÁK – JIŘÍ SOUČEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

Process of snow accumulation and its thawing was evaluated in winter seasons 2008/2009 and 2009/2010 on research plot Lesní bouda situated in Krkonoše Mts. (altitude 1080 m a. s. l.). The snow height, its density and water reserve in snow were evaluated in young stands of dwarf pine, Norway spruce, birch, larch and control free plot. Stands characteristics differed in evaluated winter seasons according to weather development. Accumulation of snow height and its density occurred in the second half of March in both winter seasons. The highest snow water equivalents were found in stands formed by spruce and dwarf pine, control plot had the lowest snow height and water equivalent. Snow heights in dwarf pine stand and near spruce stems were positively affected by branches. Water equivalent in thawing period depended on snow height and stand character. The rapid decrease of water equivalent was on control plot, the lowest decrease was in spruce stand. Shading of denser crowns reduced snow thawing in spruce stand. Mixture of species can positively affect process of snow thawing and spring water runoff from catchments.

Klíčová slova: hustota sněhu, vodní hodnota sněhu, horské podmínky, lesní dřeviny

Key words: snow density, snow water equivalent, mountain site, forest trees

ÚVOD

Sníh tvoří významnou část celkového ročního úhrnu srážek v horských polohách a výrazně ovlivňuje vodní režim v jarních měsících. Na horách tvoří srážky ve formě sněhu průměrně 25 – 30 % ročního úhrnu srážek (KANTOR 1979). Výšku sněhové pokrývky a její vlastnosti ovlivňují zejména morfologie terénu (nadmořská výška, sklon, expozice) a charakter lesního prostředí (les, holina). Názory na podíl jednotlivých faktorů na proces ukládání a odtávání sněhu se liší (GARSTKA et al. 1958; BRECHTEL 1971; JOST et al. 2007; OJRZYŃSKA et al. 2010; TAUFMANNOVÁ et al. 2010; VARHOLA et al. 2010), většina šetření však nepochybně dává důležitost vlivu vegetačního pokryvu. Poznatky o kombinaci jednotlivých faktorů na ukládání sněhu jsou nicméně omezené. Ukládání sněhu výrazně ovlivňuje působení větru, a to jak ve fázi ukládání, tak i druhotným transportem. Charakter porostu (výška, hustota, prodouvavost) může výrazně ovlivnit charakteristiky sněhu. Výzkum vlivu různých lesních porostů na vodní režim v zimním období, zahrnující měření sněhu, má dlouhodobou tradici. Většina šetření byla realizována ve starších porostech (BRECHTEL 1971; KREČMER 1971; KANTOR 1979, 1981, 1988; KANTOR et al. 2009).

Ukládání sněhu i jeho postup odtávání v různých typech lesních porostů výrazně ovlivňuje riziko jarních povodní. Příspěvek se zaměřuje na stanovení vlivu různé druhové skladby mladých porostů na charakteristiky sněhu a postup jeho odtávání s cílem zjištění potenciálu ovlivnění tohoto procesu volbou dřevin při obnově lesa.

METODIKA

Popis lokality

Sledování ukládání sněhové pokrývky se zaměřením na variabilitu hustoty a vodní hodnoty sněhu v závislosti na mladých porostech různých dřevin probíhalo v hřebenové partii Krkonoš. Oplocená trvalá výzkumná plocha (TVP) Lesní bouda se nachází ve vrcholové části Liščího hřebenu, jihovýchodně od Liščí hory, v nadmořské výšce 1 080 m. TVP o velikosti necelé 2 ha byla založena v roce 1986 na rozsáhlé imisní holině vzniklé po vytěžení smrkového porostu (KRIEGL 1995; BARTOŠ et al. 2009). Lokalita je řazena do lesního typu 8K2, terén jihozápadní expozice má průměrný sklon 2 %, půda převážně humuso-železitý podzol.

Pro hodnocení vlivu mladých porostů různých dřevin na základní charakteristiky sněhu byly vybrány následující druhy (řazeno podle polohy výsadeb od jihozápadu po severovýchod): borovice kleč, směs břízy bělokoré a karpatské, smrk ztepilý a modřín opadavý. Testované dřeviny byly vysazeny v letech 1986 a 1987 v 10 až 20 m širokých pruzích orientovaných na severozápad (bližší viz BARTOŠ et al. 2009). Pokryvnost korun byla stanovena jako poměr sumy průmětů korun ku ploše. Jako kontrola byla zvolena plocha s velmi mezernatým zmlazením smrku (v roce 2010 do výšky cca 2 m) umístěná ve vzdálenosti asi 30 m od TVP směrem na severovýchod mimo oplocení (volná plocha).

Měření

Výzkum ukládání sněhu a vlivu dřevin na charakteristiky sněhu probíhal v zimních obdobích 2008/09 a 2009/10. Výška sněhové pokrývky byla měřena na transektech deseti sněhoměrných latí přibližně v 10metrovém rozestupu umístěných uprostřed pruhu každé dřeviny a na volné ploše. Výška sněhu byla odečítána v přibližně 14denních intervalech. Pro stanovení hustoty sněhu byla zvolena standardní metoda váhového sněhoměru. Vzorkování bylo prováděno pomocí odměrného válce o průřezu 20 cm². V porostu každé testované dřeviny bylo v každém termínu provedeno optimálně 10 náhodně zvolených odběrů středem porostu (varianty). Výška sněhu byla odečítána s přesností na 1 centimetr, hmotnost byla vážena digitální váhou s přesností ± 40 g přímo v porostu. Hustota sněhu byla vypočítána jako poměr hmotnosti sněhu k jeho objemu. Vodní hodnota sněhu, vyjadřující množství vody ve sněhové pokrývce, byla vypočítána na základě výšky a hustoty. V zimním období 2008/09 bylo provedeno ambulantní měření v 11 termínech, měření v období 2009/10 bylo realizováno v 8 termínech se zaměřením na přesnější podchycení fáze kulminace a tání sněhu. Z technických důvodů bylo v několika termínech přistoupeno k měření pouze vybraných variant (21. 12. 2009, 7. 1. 2010 a 3. 3. 2010). Charakter průběhu počasí vyjádřený pomocí průměrných denních teplot ve výšce 2 m nad terénem pochází z údajů naměřených automatickou meteorologickou stanicí LEC NOEL 3000 umístěnou na TVP.

Statistické zpracování

Střední hodnoty byly vypočteny pomocí Hornova postupu pro malé výběry ($4 \leq n \leq 20$) (MELOUN, MILITKÝ 2006). V tabulkách jsou udávány hodnoty PL = pivotová polosuma a RL = pivotové rozpětí. Střední charakteristiky sněhu v jednotlivých dřevinách byly hodnoceny Kruskal-Wallisovým testem v programu Unistat (verze 5.6), vzájemné porovnání variant bylo provedeno pomocí Dunnova testu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Porostní charakteristiky

Charakteristiky porostů jednotlivých dřevin vycházejí ze stanovištních podmínek. V porostu modřínu díky opakovanému prořezávání sahají koruny až k zemi, porostní zápoj je dokonalý až pomístně přehoustlý. Střední výška modřínu v roce 2008 dosahovala 591 cm (tab. 1). Smr-

kový porost je pomístně prořezán opakovaným poškozením stromů vrcholkovými zlomy v minulých letech. Koruny smrku sahají až na zem. Porost břízy je lokálně zapojený, s výjimkou vyšší výšky jsou porostní charakteristiky (tloušťka, kruhová základna a pokryvnost) srovnatelné s porostem smrku. Koruny bříz mají střední délku 2 m, jednotlivé břízy jsou poškozeny vrcholkovými zlomy. Keřovitý porost kleče má plný až přehoustlý zápoj, vlivem hustého zápoje mají větve vystoupavý charakter. Střední délka větví přesahuje 3 m, výška 2 m (tab. 1). Pokryvnost korun smrku na volné ploše (kontrola) nepřesahuje 10 %.

Vývoj teplot

Střední denní teploty vypočtené z hodinových záznamů mají v obou sledovaných sezonách odlišný průběh (obr. 1); konkrétní charakter počasí ovlivnil sněhové charakteristiky v následném období. Dlouhá mrazová perioda (prosinec 2008 – únor 2009, průměrná teplota vzduchu -5,7 °C) s častým výskytem sněhových srážek a pouze s ojedinělými oblevy se příznivě projevila v nárůstu výšky sněhu (tab. 2); hustota sněhu se mírně navýšila až po výraznější oblevě počátkem března (tab. 4). Rychlý vzestup teplot v dubnu 2009 podpořilo rychlé změny charakteristik sněhu. V druhé polovině prosince 2009 se střední denní teploty pohybovaly hluboko pod bodem mrazu, výskyt oblev koncem roku se projevil nárůstem průměrné hustoty (tab. 5) i vodní hodnoty sněhu (tab. 7). V lednu a únoru 2010 výška sněhu postupně narůstala, vlivem oblevy koncem února výška sněhu krátkodobě poklesla (tab. 3). Nižší průměrné denní teploty i opakovaný výskyt mrazu zpomalil odtávání sněhu v dubnu 2010 (obr. 1). Podrobněji k vývoji jednotlivých parametrů sněhové pokrývky viz níže.

Výška sněhové pokrývky

První sníh se v sezoně 2008/09 objevil již v polovině září, v dalších dnech postupně odtál. Souvislá vrstva sněhu se na lokalitě vyskytla až koncem listopadu. V následných termínech se vrstva sněhu postupně zvyšovala, výška sněhu kulminovala ve všech porostech koncem března (tab. 2). Průběh počasí, střední denní teploty nad 0 °C a výskyt dešťových srážek ovlivnily rychlé odtávání sněhu v dubnu 2009. Souvislá vrstva sněhu se na lokalitě vyskytovala ještě 14. dubna, v dalším termínu byla sněhová pokrývka již mezernatá. Nejvyšší výška sněhu byla po celou dobu akumulace sněhu zjištěna v porostu borovice kle-

Tab. 1.

Základní charakteristiky dvacetiletého porostu dřevin na TVP Lesní bouda na jaře 2008. Porosty dřevin jsou v pořadí přibližně od jihozápadu k severovýchodu (směrodatná odchylka v závorce)

Basic stand characteristics of tree species on the research plot Lesní bouda in 2008 at the age of 20 years (standard errors in brackets)

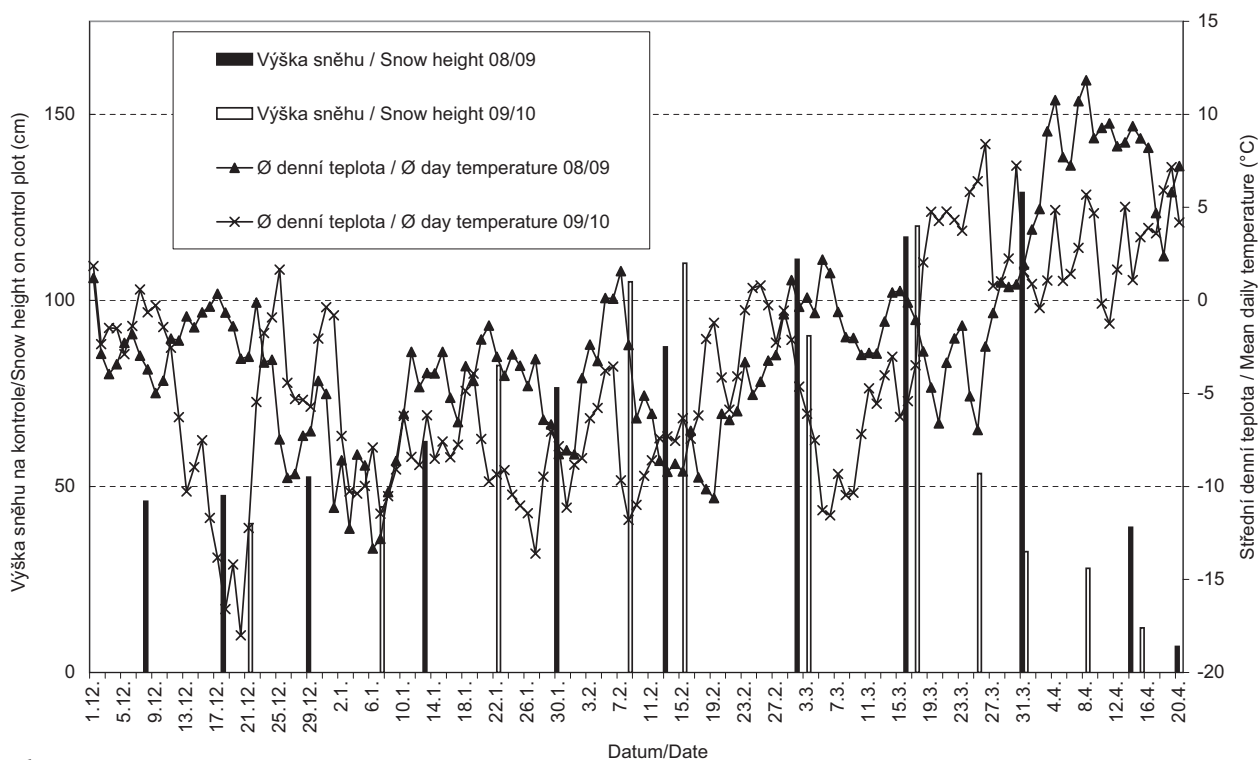
Dřevina ¹	Počet ² /ks.ha ⁻¹ /	Výčetní tloušťka ³ /mm/	Kruhová ⁴ zákl. /m ² /	Pokryvnost korun ⁵ /%/	Výška ⁶ /cm/
Kleč ⁷	x	x	x	100 (*)	227 (20)
Bříza ⁸	2800 (282)	47,4 (4,8)	5,91 (1,5)	82 (31)	390 (118)
Smrk ⁹	3200 (489)	44,0 (6,0)	5,90 (1,9)	80 (29)	295 (116)
Modřín ¹⁰	1900 (173)	101,4 (16,5)	17,79 (5,1)	109 (28)	591 (176)

Captions: 1 – tree species, 2 – plantation density, 3 – diameter at breast height, 4 – basal area, 5 – crown cover (canopy), 6 – height, 7 – mountain pine, 8 – birch, 9 – spruce, 10 – larch, * – approximation

če, vyšší vrstvu ve srovnání s ostatními variantami vykazoval i porost smrku. Trvale nejnižší výška sněhu byla po celé období zaznamenána na volné ploše. Průměrná výška sněhu pak ve většině termínů měření klesala v pořadí kleč, smrk, bříza, modřín, volná plocha; rozdíl minimálně mezi krajními polohami byly statisticky průkazné (tab. 2).

Vývoj výšky sněhu v zimě 2009/10 měl odlišný charakter. První sníh se v tomto období objevil již v druhé polovině října a v této sezoně také v zápětí roztál. Další výskyt sněhu nastal až v polovině prosince. Do

poloviny ledna výška sněhu na jednotlivých plochách stoupala pouze omezeně a nepřesáhla 60 cm (tab. 3). Výraznější akumulace sněhu nastala v druhé polovině ledna a počátkem února, vlivem oblevy však výška sněhu postupně klesla. Teprve vydatné sněhové srážky v druhé polovině března navýšily výšku sněhu, která přesáhla předchozí únorové maximum. V následném období se výška sněhu postupně snižovala, mezery v souvislé vrstvě se vyskytovaly již od druhé poloviny března, poslední nesouvislé zbytky sněhu byly na lokalitě zaznamenány koncem dubna. Také v tomto období byla ve fázi akumulace maxi-



Obr. 1.

Výška sněhu na kontrolní ploše a průběh středních denních teplot v zimních sezonách 2008/2009 a 2009/2010

Fig. 1.

Snow height on control plot and mean daily temperatures in winter seasons 2008/2009 and 2009/2010

Tab. 2.

Vývoj výšky sněhového profilu v jednotlivých variantách v průběhu zimy 2008/2009. Písmena značí skupiny statistické homogenity
Snow height in tested variants in winter season 2008/2009. For each column values with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level

Variant		8.12.08	18.12.08	29.12.08	13.01.09	30.01.09	13.02.09	2.3.09	16.3.09	31.3.09	14.4.09	20.4.09
Kleč/ Dwarf pine	PL	70,0 a	72,5 a	81,0 a	87,5 a	100,0 a	120,0 a	145,0 a	145,0 a	159,5 b	70,0 ab	30,0 ab
	RL	10,0	15,0	18,0	15,0	20,0	10,0	20,0	10,0	9,0	20,0	20,0
Bříza/ Birch	PL	47,5 bc	50,5 b	59,0 b	69,0 b	85,5 bc	103,5 bc	133,0 ab	135,0 b	152,5 b	63,5 ab	17,5 ab
	RL	5,0	7,0	8,0	8,0	9,0	17,0	14,0	10,0	5,0	13,0	25,0
Smrk/ Spruce	PL	55,0 ab	62,5 a	72,5 a	74,0 b	91,0 ab	108,5 ab	145,0 a	144,5 ab	170,0 b	80,5 a	35,0 a
	RL	10,0	15,0	15,0	12,0	18,0	27,0	30,0	29,0	40,0	15,0	30,0
Modřín/ Larch	PL	43,5 c	49,5 b	57,5 b	66,0 b	81,0 c	96,0 cd	122,5 bc	135,0 b	148,5 b	57,0 b	18,5 bc
	RL	7,0	5,0	5,0	22,0	8,0	12,0	21,0	10,0	13,0	18,0	17,0
Kontrola/ Control	PL	46,0 bc	47,5 b	52,5 b	62,0 b	76,5 c	87,5 d	111,0 c	117,0 c	129,0 a	38,0 c	7,0 c
	RL	14,0	11,0	15,0	24,0	13,0	25,0	22,0	16,0	22,0	16,0	14,0

malní výška sněhu zaznamenána v porostech kleče a smrku; minimální výšky byly zjištěny na volné ploše a v porostu modřínu. Rychlejší pokles výšky sněhu byl zaznamenán i v porostu břízy. V porovnání s předchozími sezonami (BARTOŠ et al. 2009) patřily obě sledované zimy spíše k sezonám s nižší vrstvou sněhu.

Vliv vystoupavých větví kleče na zachycování a nakypřování sněhu v prvních fázích akumulace sněhu na sledované ploše byl popsán již dříve (ŠTURSA et al. 1973; BARTOŠ et al. 2009). S rostoucí výškou a hmotností sněhu se větve postupně ohýbají a jsou přitlačovány k zemi. V době tání pak dochází k propadávání sněhu mezi větvemi, které dříve tvořily „kostru“ sněhového profilu, a tím k urychlení odtávání v porovnání s ostatními dřevinami. Vliv větví kleče na charakteristiky sněhu závisí na celkové výšce sněhu i věku porostu, v mladých porostech s dostatečnou pružností větví je jejich vliv s rostoucí výškou sněhu nízký. Ve starších porostech kleče, kde je již omezená pružnost silných větví, tento efekt přetrvává po celou zimu. Obdobný efekt byl zjištěn v porostech smrku a částečně i modřínu, kde lze pozorovat „nadlehčování“ sněhu pod hluboce zavětvenými korunami. Současně s tímto jevem se u těchto dřevin výrazně více projevuje zhuňňování sněhového profilu opadem mokrého sněhu zachyceného na větvích (obzvláště u smrku), což výrazně zvyšuje variabilitu sněhové pokrývky.

Rozdíly ve výšce sněhu v porostech dřevin značně kolísají v jednotlivých termínech sledování i letech v závislosti na konkrétním průběhu počasí. Vlivem nižší intercepce sněhu v korunách je v listnatých porostech zpravidla zjišťována vyšší vrstva sněhu (opakovaně KANTOR, BRECHTEL 1970, 1971; MINDAŠ 2003), v mladých porostech však mohou být rozdíly mezi listnatými a jehličnatými porosty minimální (KANTOR et al. 2009). Značný vliv na ukládání sněhu má i hustota porostu; proředěním smrkového porostu srovnatelných dimenzí se výška sněhu v proředěné části zvýšila o 18 % (CHROUST 1997).

Hustota sněhu

Hustota sněhu udává stav struktury sněhu v odebraném profilu. Hodnota hustoty postupně narůstá s rostoucí dobou trvání sněhové pokrývky, na lokalitách s opakovaným výskytem period tání sněhu se těsnost vztahu snižuje (SINGH, SINGH 2001). Ve starších porostech dochází k výraznějšímu zachycování sněhu v korunách, následný opad sněhu nebo skapávání vody z korun stromů ovlivňuje hustotu sněhu pod porostem. Míra intercepce sněhu závisí na dřevině a charakteru porostu (např. STORCK et al. 2002). Vysoká hustota sněhu zjištěná již na počátku zimní sezony 2008/09 (tab. 4) naznačuje značné

Tab. 3.

Vývoj výšky sněhového profilu v jednotlivých variantách v průběhu zimy 2009/2010. Písmena značí skupiny statistické homogenity
Snow height in tested variants in winter season 2009/2010. For each column values with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level

Variant		21.12.09	7.1.10	22.1.10	8.2.10	15.2.10	3.3.10	17.3.10	25.3.10	31.3.10	8.4.10	15.4.10
Kleč/ Dwarf pine	PL	57,5 a	60,0 a	115,0 a	145,0 a	145,0 a	110,0 a	142,5 a	76,5 a	55,0 a	44,0 a	35,0 a
	RL	15,0	20,0	10,0	10,0	10,0	20,0	15,0	17,0	10,0	12,0	10,0
Bříza/Birch	PL	45,0 ab	45,0 ab	115,0 a	135,0 ab	130,0 ab	103,5 a	135,0 abc	65,0 b	42,5 b	33,0 ab	22,5 abc
	RL	10,0	10,0	10,0	10,0	0,0	7,0	20,0	14,0	15,0	16,0	15,0
Smrk/ Spruce	PL	45,0 ab	49,0 ab	85,0 b	135,0 ab	120,0 ac	101,0 ab	142,5 ab	81,5 a	59,0 a	46,5 a	38,5 a
	RL	20,0	8,0	10,0	10,0	40,0	18,0	25,0	23,0	34,0	27,0	27,0
Modřín/ Larch	PL	42,5 ab	38,5 c	57,5 b	120,0 bc	102,5 bc	87,5 c	132,5 bc	69,5 ab	46,5 b	35,0 ab	28,0 b
	RL	5,0	3,0	5,0	20,0	15,0	15,0	15,0	9,0	17,0	14,0	14,0
Kontrola/ Control	PL	40,0 b	44,5 bc	82,5 b	105,0 c	110,0 bc	90,5 bc	120,0 c	53,5 b	32,5 b	28,0 b	12,0 c
	RL	0,0	5,0	5,0	10,0	20,0	11,0	20,0	17,0	19,0	16,0	14,0

Tab. 4.

Vývoj hustoty sněhu v jednotlivých variantách v průběhu zimy 2008/2009. Písmena značí skupiny statistické homogenity
Snow density in tested variants in winter season 2008/2009. For each column values with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level

Variant		8.12.08	18.12.08	29.12.08	13.1.09	30.1.09	13.2.09	2.3.09	16.3.09	31.3.09	14.4.09	20.4.09
Kleč/ Dwarf pine	PL	0,259	0,331	0,380 bc	0,416	0,374	0,339	0,314 b	0,411	0,439	0,589 b	0,667
	RL	0,058	0,082	0,103	0,102	0,125	0,057	0,055	0,038	0,041	0,146	0,183
Bříza/Birch	PL	0,403	0,462	0,462 abc	0,509	0,425	0,367	0,357 ab	0,424	0,440	0,651 ab	0,688
	RL	0,016	0,020	0,063	0,093	0,058	0,094	0,036	0,015	0,028	0,069	0,142
Smrk/ Spruce	PL	0,366	0,393	0,376 c	0,480	0,407	0,363	0,332 ab	0,394	0,394	0,609 b	0,659
	RL	0,075	0,047	0,094	0,097	0,047	0,135	0,037	0,056	0,045	0,128	0,063
Modřín/ Larch	PL	0,381	0,446	0,464 ab	0,447	0,439	0,404	0,371 a	0,410	0,457	0,631 ab	0,797
	RL	0,027	0,004	0,077	0,093	0,047	0,087	0,043	0,093	0,036	0,108	0,168
Kontrola/ Control	PL	0,364	0,470	0,487 a	0,488	0,455	0,343	0,388 a	0,447	0,467	0,709 a	0,761
	RL	0,169	0,117	0,041	0,091	0,077	0,094	0,051	0,075	0,095	0,062	0,206

provlhčení sněhového profilu. Nejnížší hustotu dlouhodobě zjišťovanou v porostu kleče ovlivňuje nakypření sněhu vystoupavými větvemi, s nárůstem výšky sněhu a dobou trvání sněhu se rozdíly mezi variantami částečně stírají. Pokles hustoty sněhu i minimální navýšení vodní hodnoty v lednu a únoru 2009 ovlivnil čerstvého prachového sněhu. S dalším zvyšováním výšky sněhu se mírně zvýšila i hustota sněhu, výraznější nárůst hustoty nastal až v dubnu v souvislosti s odtáváním. Na konci období jarního tání v měsíci dubnu se pak hustota sněhu blížila v některých variantách hodnotě 0,7 g/cm³ (vlhký firn). Statisticky významné rozdíly v hustotě sněhu mezi porovnávanými variantami byly zaznamenány pouze ve třech termínech. Poprvé 29. prosince 2008, kdy hustota sněhu v porostech kosodřeviny a smrku byla statisticky významně menší oproti porostu modřínu a volné ploše. Obdobná situace byla pozorována i v polovině dubna (14. 4.). Na počátku března (2. 3.) se od modřínu a volné plochy statisticky odlišila pouze hustota sněhu varianty kleč (tab. 4). Charakter průběhu hustoty sněhu následující zimu 2009/10 byl zcela odlišný (tab. 5). Nový sníh v prosinci 2009 měl nízkou hustotu, následné zhutňování sněhu bylo pozvolné. Výraznější sněhové srážky počátkem března zastavily zvyšování hustoty sněhu. Hustota sněhu v průběhu celé zimy 2009/10 byla výrazně nižší než v předchozí sezoně. V období tání se střední hustota pohybovala mezi 0,5 a 0,6 g/cm³. Mezi jednotlivými variantami dřevin nebyly v celém období zjištěny průkazné rozdíly v hustotě sněhu. Nejnížší průměrná hustota v době tání byla pozorována v porostu kleče a smrku (tab. 5).

Vodní hodnota sněhu

Vodní hodnota přímo kvantifikuje množství vody zachycené ve sněhové pokrývce. V zimním období 2008/09 vodní hodnota sněhu postupně narůstala, mírné zpomalení nastalo v únoru 2009 (tab. 6). Maximální vodní hodnota byla dosažena v době kulminace výšky sněhu (31. 3. 2009), kdy se hodnoty pohybovaly v rozmezí 600 až 700 mm. Rozdíly vodní hodnoty mezi jednotlivými dřevinami v tomto termínu nebyly statisticky průkazné, v předchozích termínech vykazovala nižší hodnoty zejména volná plocha. Tání sněhu v dalším období se projevovalo rychlým poklesem výšky sněhu i vodní hodnoty. Statisticky průkazné rozdíly vodní hodnoty sněhu v porostech jednotlivých dřevin byly zjištěny až ve fázi intenzivního odtávání (tab. 6). Vyšší hodnota zjištěná v porostu smrku ve srovnání s volnou plochou souvisí i s vyšší průměrnou výškou; výška sněhu v tomto období v porostu smrku byla 5 x vyšší než na volné ploše (tab. 2).

V sezoně 2009/10 se sledování vodní hodnoty sněhu soustředilo do druhé poloviny zimy s cílem detailněji podchytit proces odtávání. Vodní hodnoty v jednotlivých dřevinách v období kulminace výšky sněhu byly vyrovnané (tab. 7). Střední hodnota v období kulminace výšky sněhu dosahovala 450 mm, ve srovnání s předchozí zimní sezonou byla hodnota o 30 % nižší. Při následném tání klesaly výšky sněhu v porostech jednotlivých dřevin obdobně (tab. 3), vodní hodnota sněhu se však lišila. Zejména ve smrkovém porostu byl pokles výrazně pomalejší než na ostatních plochách. Z důvodu značné variability dat byly statisticky průkazné rozdíly zjištěny až při posledním měření 15. 4. 2010 (tab. 7). Rozdílná vodní hodnota v jednotlivých porostech souvisí převážně s rozdíly ve výšce sněhu.

Pomalejší pokles vodní hodnoty sněhu v porostech smrku v obou sledovaných sezonách příznivě působí na proces odtoku vody a riziko výskytu povodní. Výskyt lokálních mezer v porostu smrku, zachycování sněhu na korunách i nakypření sněhové pokrývky větvemi ve spodní části kmene navyšuje množství sněhu v porostu ve fázi akumulace sněhu. Část sněhu zachyceného na korunách smrků v období tání sklouzne z větví dolů a navyšuje vodní hodnotu sněhu. Výška sněhu v porostu smrku má v obou sledovaných sezonách vyšší variabilitu hodnot než v ostatních dřevinách. Holé kmeny bez větví u listnatých dřevin nezabrání transportu sněhu větrem, sněhová pokrývka je tedy výrazněji homogenizovaná. Porost modřínu i přes svoji výšku a výčetní základnu nedisponuje mimo vegetační sezonu takovou účinností zachytávání sněhu jako porost smrku. Řídká světla koruna modřínu nebrání průniku slunečního záření do porostu, zástin korun smrku omezuje průnik záření do porostu a zpomaluje tak rychlost celoplošného odtávání. Rychlejší odtávání sněhu na holině a v mladých listnatých porostech oproti jehličnatým popisuje také ŠACH, KANTOR (1989), ŠACH et. al. (1994). Ozářený prostor kmene a pat stromů, v případě smrku i hluboce zavětvených korun na druhou stranu akumuluje teplo a urychluje odtávání v nejbližším okolí. Spolu s působením větru tak dochází ke zvyšování variability sněhové pokrývky v okolí stromů v průběhu radiačních dní, v závěrečné fázi odtávání pak k mezernatosti sněhové pokrývky. Při určitých konstelacích počasí lze uvažovat také o vlivu výškově vyspělého porostu modřínu na pohyb větru. Porost tak může ovlivňovat ukládání a převívání sněhu v nejbližším okolí.

CHROUST (1997) sledoval odlišné ukládání a charakteristiky sněhu v různě proředené smrkové mlazině (výška 3 – 4 m). Rovnoměrné proředení porostu ovlivnilo výšku i hustotu sněhu, v neproředené mlazině byla v důsledku rozdílného ukládání sněhu a snadnějšího přístupu slu-

Tab. 5.

Vývoj hustoty sněhu v jednotlivých variantách v průběhu zimy 2009/2010. Bez statistické průkaznosti
Snow density in particular stands in winter season 2009/2010. Without statistical differences

Variant		21.12.09	7.1.10	3.3.10	17.3.10	25.3.10	31.3.10	8.4.10	15.4.10
Kleč/Dwarf pine	PL	0,088		0,365	0,323	0,489	0,487	0,507	0,514
	RL	0,040		0,175	0,082	0,086	0,172	0,120	0,146
Bříza/Birch	PL	0,127	0,221	0,404	0,344	0,492	0,551	0,557	0,584
	RL	0,056	0,052	0,050	0,029	0,111	0,052	0,070	0,072
Smrk/Spruce	PL	0,056	0,215	0,366	0,325	0,464	0,578	0,576	0,521
	RL	0,085	0,040	0,070	0,032	0,173	0,041	0,060	0,055
Modřín/Larch	PL	0,086			0,338	0,493	0,540	0,535	0,554
	RL	0,049			0,023	0,046	0,071	0,104	0,075
Kontrola/Control	PL		0,243	0,407	0,366	0,487	0,529	0,547	0,555
	RL		0,046	0,072	0,042	0,077	0,114	0,079	0,123

nečního záření vodní hodnota sněhu v úhrnu za zimní období o 7 % vyšší ve srovnání s mlazinou proředenou. S dalším růstem porostů a zvětšováním zachytné plochy korun se vliv prosvětlení porostu na charakteristiky sněhu mění. MINĐÁŠ (2003) hodnotil charakteristiky sněhu v mýtních porostech různého složení. Vyšší intercepce sněhu v korunách jehličnanů negativně ovlivnila vodní hodnotu sněhu, autorem uváděné rozdíly přes 20 mm jsou hydrologicky významné. V mladých porostech buku a smrku ve fázi akumulace sněhu zjistil KANTOR malé rozdíly vodní hodnoty, ve fázi intenzivního tání sněhu však rozdíly mezi porosty buku a smrku přesahovaly 100 %. Rychlejší odtávání bylo zaznamenáno v porostech buku (KANTOR et al. 2009).

ZÁVĚR

Z výzkumu vývoje charakteristik sněhu realizovaného ve vrcholové poloze Krkonoš v mladých stejnověkových porostních skupinách boro-více kleče, břízy, smrku a modřínu a na kontrolní volné ploše v zim-ním období 2008/09 a 2009/10 vyplynuly následující závěry:

- Průběh charakteristik sněhu má v jednotlivých zimních sezonách odlišný charakter v závislosti na konkrétním vývoji počasí.
- Kulminace výšky sněhu nastala v obou zimách v druhé polovi-ně března; nejvyšší vrstva byla zjištěna v porostu kleče a smrku, volná plocha vykazovala po celé období nejnižší vrstvu sněhu. Dosaženou výšku sněhu v porostu kleče ovlivňovaly vystoupavé větve. Tento jev byl pozorován i v nejbližším okolí hluboko zavě-třených smrků.
- Rozdíly v hustotě sněhu mezi dřevinami a volnou plochou byly ojedinělé a většinou náhodného charakteru.
- Ve fázi akumulace sněhu měly rozdíly vodní hodnoty sněhu mezi porosty náhodný charakter.
- Vodní hodnota sněhu při odtávání byla ovlivňována celkovou dosaženou výškou sněhu i charakterem porostu. Nejrychlejší úby-tek vodní hodnoty byl zaznamenán na volné ploše, průkazně nej-pomaleji klesala v porostu smrku, kde se výrazně projevoval vliv stínění korunami. Rozdíl dosahoval 100 až 200 mm. .

Tab. 6.

Vývoj vodní hodnoty sněhu v jednotlivých variantách v průběhu zimy 2008/2009. Písmena značí skupiny statistické homogenity
Snow water equivalent in tested variants in winter season 2008/2009. For each column values with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

Variant		8.12. 08	18.12.08	29.12.08	13.01.09	30.01.09	13.02.09	2.3.09	16.03.09	31.03.09	14.04.09	20.04.09
Kleč/ Dwarf pine	PL	185,0	209,7	283,7	345,4	357,7	409,5 a	434,2	606,9	693,2	431,7 ab	197,4 ab
	RL	24,7	24,7	74,0	49,3	74,0	98,7	98,7	49,3	74,0	172,7	98,7
Bříza/ Birch	PL	197,4	234,4	259,0	357,7	370,0	397,2 ab	483,5	545,2	668,5	431,7 a	197,4 ab
	RL	49,3	24,7	24,7	74,0	49,3	74,0	98,7	74,0	24,7	24,7	49,3
Smrk/ Spruce	PL	209,7	222,0	271,4	357,7	370,0	409,5 a	446,5	577,3	693,2	493,4 a	271,4 a
	RL	24,7	0,0	49,3	24,7	49,3	197,4	123,3	138,1	74,0	49,3	148,0
Modřín/ Larch	PL	185,0	234,4	296,0	320,7	357,7	397,2 ab	458,8	594,5	656,2	370,0 ab	172,7 ab
	RL	24,7	24,7	49,3	49,3	24,7	74,0	49,3	74,0	49,3	197,4	98,7
Kontrola/ Control	PL	197,4	246,7	296,0	320,7	338,0	298,5 b	421,8	532,9	606,9	259,0 b	86,3 b
	RL	98,7	98,7	98,7	49,3	113,5	123,3	74,0	148,0	98,7	74,0	172,7

Tab. 7.

Vývoj vodní hodnoty sněhu v jednotlivých variantách v průběhu zimy 2009/2010. Písmena značí skupiny statistické homogenity
Snow water equivalent tested variants in winter season 2009/2010. For each column values with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level

Variant		21.12.09	7.1.10	3.3.10	17.3.10	25.3.10	31.3.10	8.4.10	15.4.10
Kleč/ Dwarf pine	PL	44,4		360,2	449,0	365,1	246,7	227,0	222,0 a
	RL	19,7		138,1	108,5	78,9	78,9	78,9	148,0
Bříza/Birch	PL	49,3	108,5	429,2	444,0	296,0	251,6	231,9	157,9 ab
	RL	9,9	29,6	59,2	98,7	59,2	49,3	108,5	59,2
Smrk/ Spruce	PL	19,7	108,5	370,0	468,7	399,6	350,3	286,2	222,0 a
	RL	29,6	9,9	118,4	49,3	148,0	167,7	118,4	108,5
Modřín/ Larch	PL	34,5			473,6	350,3	261,5	207,2	187,5 a
	RL	19,7			39,5	88,8	88,8	78,9	78,9
Kontrola/ Control	PL		108,5	414,4	468,7	286,2	207,2	167,7	103,6 b
	RL		29,6	108,5	108,5	78,9	157,9	98,7	29,6

Studie ukázala pozitivní vliv mladých porostů lesních dřevin na ukládání a odtávání sněhu v porovnání s volnou plochou bez nebo s řídkým porostem. Rozdíly ve sledovaných vlastnostech sněhu mezi porosty hodnocených dřevin jak v průběhu akumulace sněhu, tak odtávání byly minimální. Výraznější prodloužení procesu odtávání sněhu v porostu smrku ve srovnání s volnou plochou snižuje riziko výskytu povodní. Druhá mozaikovitost skupinovitě smíšených odrůstajících porostů na bývalých kalamitních holinách může napomoci rozložení jarního odtoku z povodí.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BARTOŠ J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V. 2009. Ukládání sněhu ve vztahu k dřevinám vysazeným na kalamitní holině v hřebíkové partii horských poloh. Zprávy lesnického výzkumu, 54: 166-173.
- BRECHTEL H. M. 1970. Die Wasserwirtschaftliche Bedeutung des Waldes. Allgemeine Forstzeitschrift, 15: 78-80.
- BRECHTEL H. M. 1971. Erkundung der Auswirkungen des Waldes auf die Schneeanammlung und Schneeschmelze in der verschiedenen Höhenstufen der Hessischen Mittelgebirge. In: Internationales Symposium Interpraevent. Forschungsgesellschaft für Vorbeugende Hochwasserbekämpfung. 2. Klagenfurt. Wechselnde Verlagsorte: 239-253.
- GARSTKA W. U. et al. 1958. Factors affecting snowmelt and streamflow. A report on the 1946 – 53 cooperative snow investigations at Fraser Experimental Forest. Washington, U. S. Gov. Print. Off.: 189 s.
- CHROUST L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno, VÚLHM – VS: 277 s.
- JOST G., WEILER M., GLUNS D. R., ALILA Y. 2007. The influence of forest and topography on snow accumulation and melt at the watershed-scale. Journal of Hydrology (Amsterdam), 347: 101-115.
- KANTOR P. 1979. Vliv druhové skladby lesních porostů na ukládání a tání sněhu v horských podmínkách. Lesnictví, 25: 233-252.
- KANTOR P. 1981. Hydrická účinnost smrku a buku v zimním období. Práce VÚLHM, 58: 153-176.
- KANTOR P. 1988. Vliv sněhové pokrývky na hydrickou účinnost horských imisních oblastí. Práce VÚLHM, 72: 9-36.
- KANTOR P., ŠACH F. 2002. Snow accumulation and melt in a spruce stand and on a clearcut in the Orlické hory Mts (Czech Republic). Ekológia (Bratislava), 21: 122-135.
- KANTOR P., KARL Z., ŠACH F. 2007. Water regime of a young mountain spruce and beech stand in extreme winter 2005/2006. In: M. Saniga et al. (eds.): Management of forests in changing environmental conditions. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa: 17-24.
- KANTOR P., KARL Z., ŠACH F. 2009. Analysis of snow accumulation and snow melting in a young mountain spruce and beech stand in the Orlické hory Mts., Czech Republic. Journal of Forest Science, 55: 437-451.
- KREČMER V. 1971. Mikroklimatický a vodní režim obnovných sečí ve smrkových porostech středohorské oblasti Orlických hor. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM, 80 s.
- KRIEGLER H. 1995. Růst kultur na plochách rozčleněných valy z těžebních zbytků. Práce VÚLHM, 80: 53-63.
- MELOUN M., MILITKÝ J. 2002. Kompendium statistického zpracování dat. Praha, Academia: 764 s.
- MINĚŠ J. 2003. Charakteristika sněhových poměrů v lesných porostech středohorské oblasti Poľana. Lesnícky časopis, 49: 105-115.
- ORJZYŃSKA H., BŁAŚ M., KRYZA M., SOBIK M., URBAN G. 2010. Znaczenie lasu oraz morfologii terenu w rozwoju pokrywy śnieżnej w Sudetach Zachodnich na przykładzie sezonu zimowego 2003/2004. Sylwan, 154: 412-428.
- SINGH P., SINGH V. P. 2001. Snow and glacier hydrology. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 742 s.
- STORCK P., LETTENMAIER D. P., BOLTON S. M. 2002. Measurement of snow interception and canopy effects on snow accumulation and melt in a mountainous maritime climate, Oregon, United States. Water Resources Research, 38 (11): 5/1-5/16.
- ŠACH F., KANTOR P. 1989. Vodní účinky mladých porostů smrku omírky a břízy. Lesnická práce, 68: 10-14.
- ŠACH F., KANTOR P., ČERNOHOUS V. 1994. Water budget in a young stands of substitute tree species in immission region of the Trutnov Piedmont in the Czech Republic. Lesnictví, 40: 211-216.
- ŠTURSA J., JENÍK J., KUBÍKOVÁ J., REJMÁNEK M., SÝKORA T. 1973. Sněhová pokrývka západních Krkonoš v abnormální zimě 1969/1970 a její ekologický význam. Opera Corcontica, 10: 111-146.
- TAUFMANNOVÁ A., JENÍČEK M., KUČEROVÁ D., PEVNÁ H., PODZIMEK S. 2010. Výzkum procesů akumulace a tání sněhu v Krušných horách. In: Hydrologické dny 2010. Voda v měnícím se prostředí. Hydrologie v České republice a ve Slovenské republice na počátku 21. století. Sborník příspěvků a posterových abstraktů. 7. národní konference českých a slovenských hydrologů a vodohospodářů. Hradec Králové, 25. - 27. října 2010. 2. díl. Praha, ČHMÚ: 493-499.
- VARHOLA A., COOPS N. C., WEILER M., MOORE R. D. 2010. Forest canopy effects on snow accumulation and ablation: an integrative review of empirical results. Journal of Hydrology (Amsterdam), 392: 219-233.

SNOW CHARACTERISTICS IN YOUNG STANDS SITUATED IN MOUNTAINS

SUMMARY

Basic snow characteristics were recorded in Krkonoše Mts. on research plot Lesní bouda at the altitude of 1080 m in 20 year-old stands of dwarf pine, birch, Norway spruce and larch. Control free plot is situated in neighboring clearcut. Stand canopies of species were generally closed or crowded. Paper summarizes measurement in winter seasons 2008/2009 and 2009/2010. Basic snow characteristics differed in both seasons. Snow height culminated in the second half of March in both seasons. The lowest snow height was recorded on control free plot; forest positively influenced snow deposition. The highest snow layer was recorded in spruce and dwarf pine stands. Snow height in dwarf pine stand was positively affected by ascending branches; similar effect on snow height was recorded also in spruce stand. Weather conditions and type of snow affected stand characteristics in both seasons, snow water equivalent in the cumulative periods varied for 30%. Effect of individual species in young stands on snow characteristics in the accumulation period was sporadic. Total snow height and stand character influenced snow water equivalents recorded in the melting period. Higher snow deposition and partly shielding of snow by dense crowns reduced snow melting in spruce stand compared with the control plot. Prolongation of snow melting in spruce stands compared with the control plot reduces risk of flood occurrence.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Bartoš, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 74 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: bartos@vulhmop.cz