

# Dlhodobé údaje o priebehu vybraných klimatických a hydrologických prvkov v povodí Jaloveckého potoka (Západné Tatry, Liptovská kotlina)

Holko, L., Danko, M., Hlavčo, J., Kostka, Z.: Long-Term Data on Selected Climatic and Hydrological Characteristics in the Jalovecký potok Catchment (Western Tatra Mts., Liptovská kotlina Basin). *Životné prostredie*, 2016, 50, 2, p. 81 – 86.

*The article presents analysis of precipitation, air temperature and snow cover (depth, water equivalent) data from period 1989–2015 measured in a small mountain catchment of northern Slovakia. Trends in the studied phenomena were not detected, except for January precipitation at altitude 1,500 m a.s.l. which exhibited a statistically significant rise. Variability of annual precipitation in the mountains in the last years of the studied period was bigger than in its first years. The data showed that maximum rainfall intensity in the foothill part of the catchment can be almost as high as in its mountain part. Variability in annual air temperature until 2002 was bigger than in later years and mean annual air temperature was rising since 2007. Temperature increase was more pronounced in colder season (December to March) and in the foothill part of the catchment. The number of snow-weak winters since 2010 was higher than in winters 2000–2009. Snow cover duration has become short especially in the foothill part of the catchment.*

**Key words:** mountain catchment, precipitation, air temperature, snow cover

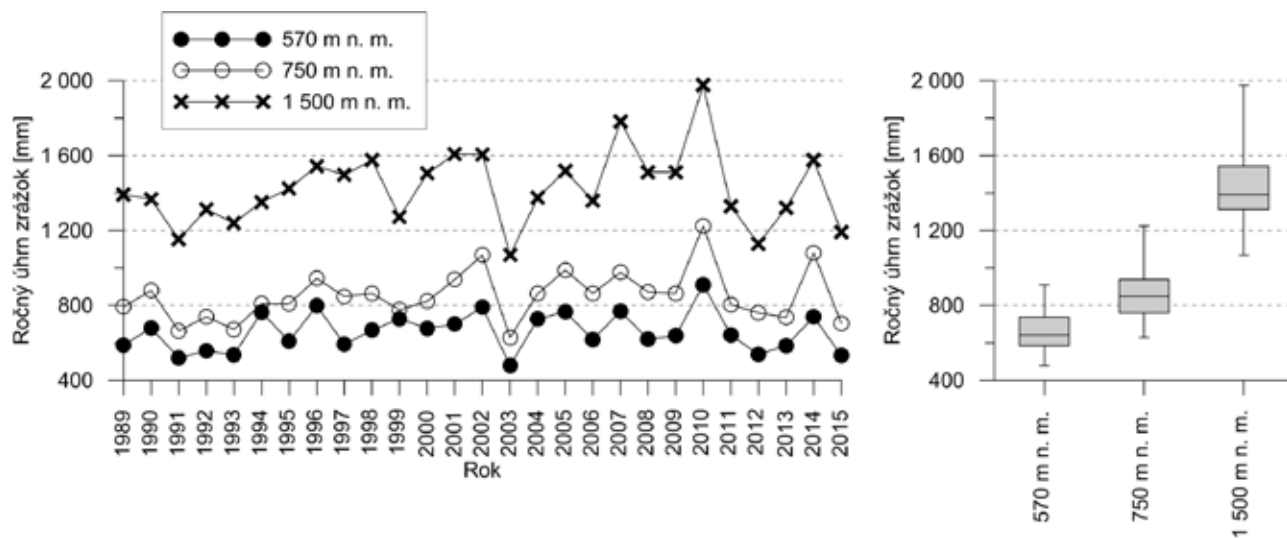
Voda je nevyhnutná pre život a podieľa sa na mnohých dôležitých procesoch prebiehajúcich v živéj aj v neživej prírode. Poznatky o hydrologickom cykle a klimatických prvkoch majú preto veľký význam aj pri ekologickom výskume. Množstvo, rozdelenie a intenzita atmosférických zrážok, slnečné žiarenie, teplota vzduchu, vietor, akumulácia a topenie snehu význame ovplyvňujú výskyt a správanie organizmov. Variabilita alebo zmena klímy majú vážne ekologické dôsledky (Greenland et al., 2003; National Research Council, 2008). Poznatky o klimatických a hydrologických prvkoch sú preto dôležité pri interpretácii výsledkov ekologického výskumu aj pri odhade budúcich zmien (napr. Jackson et al., 2009; Fleischer a kol., 2016).

Tento príspevok nadväzuje na prácu, v ktorej sme v Životnom prostredí stručne predstavili hlavné výsledky výskumu hydrologického cyklu v horskom povodí Jaloveckého potoka v Západných Tatrách (Holko a kol., 2011). Podrobnejšie v ňom prezentujeme časové a priestorové rozdelenie vybraných základných klimatických a hydrologických prvkov v hydrologických rokoch 1989 – 2015. Cieľom je odpovedať na niektoré aktuálne otázky – či dochádza v skúmanom území, ktoré reprezentuje malé horské povodia severnej časti Slovenska, k trendu vo vývoji atmosférických zrážok, teploty vzduchu alebo snehovej pokrývky a aké sú rozdiely medzi rôznymi lokalitami (horská/podhorská časť povodia alebo rôzne nadmorské výšky).

## Skúmané územie, údaje a metodický postup

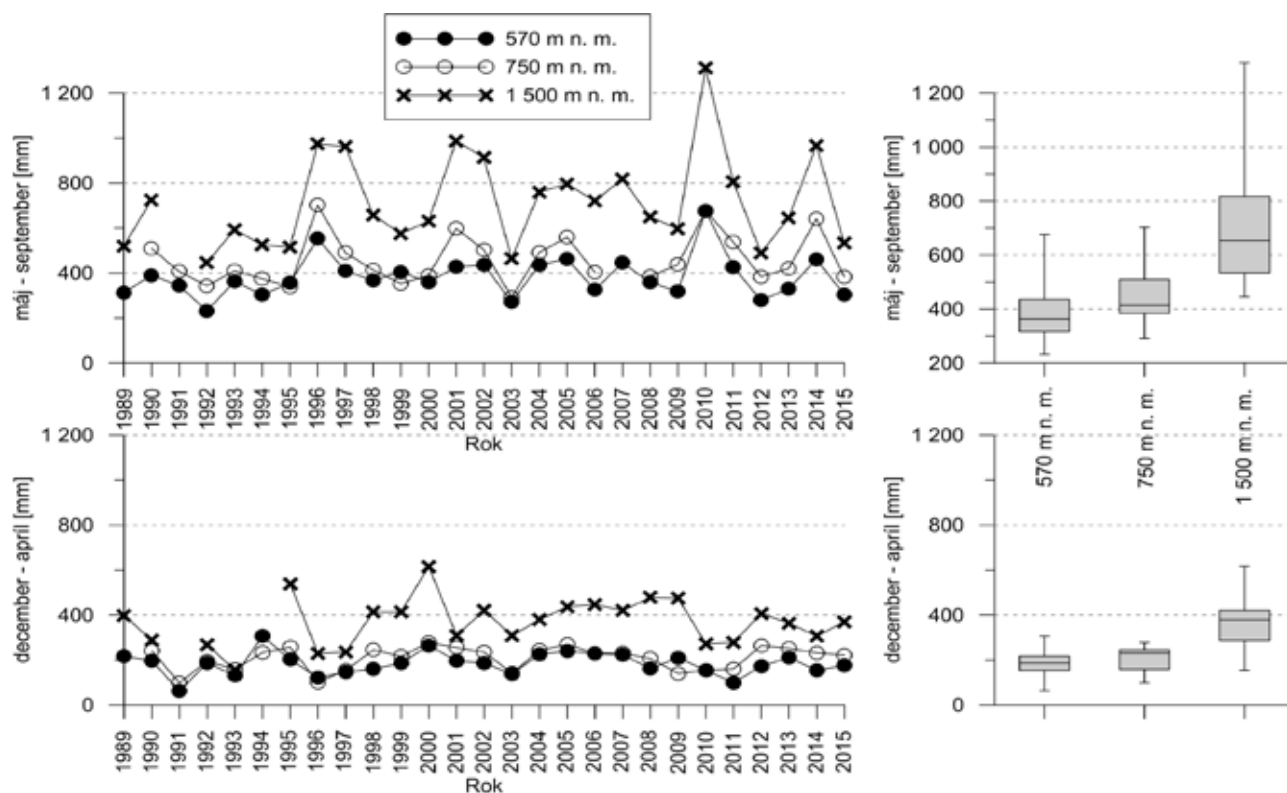
Horská časť povodia Jaloveckého potoka leží v najzápadnejšej časti Západných Tatier. Má plochu 22 km<sup>2</sup>, priemernú nadmorskú výšku 1 500 m (820 – 2 178 m n. m.) a priemerný sklon svahov 30°. Je tvorená horninami kryštalinika (48 % plochy kryštalické bridlice, pararuly, migmatity), granodioritmi (21 %), horninami mezozoika (7 % v západnej časti povodia prevažne dolomity a vápence) a kvartéru (21 % plochy, najmä glaciofluviálne a svahové sedimenty). Kambizem, podzol a ranker predstavujú hlavné pôdne typy, na mezozoickom podklade sa vyskytuje aj rendzina. Pôdy sú väčšinou plytké a majú vysoký obsah skeletu (40 – 50 % a viac). Lesy (dominantný je smrek), kosodrevina a pásma alpínskych lúk a skál pokrývajú približne 44 %, 31 % a 25 % plochy horskej časti. Jalovecký potok má v tejto časti povodia dĺžku približne 6 km.

Väčšina podhorskej časti povodia leží v Liptovskej kotline. Na ploche približne rovnakej ako je plocha horskej časti, má výrazne odlišné prírodné pomery aj využitie krajiny. Nadmorská výška rastie od 570 m pri ústí Jaloveckého potoka do Váhu tesne nad nádržou Liptovská Mara do 820 m na rozhraní Jaloveckej doliny a Liptovskej kotliny. Geologické pomery sú reprezentované paleogénnymi horninami podtatranskej skupiny (ílovce, siltovce, pieskovce, flyš), pokrytými v najvrchnejšej časti kvartérnymi akumuláciami Jaloveckého potoka (hrubozrnné balvanovité až blokované piesčité štrky). Hlavným pôdnym typom je fluvizem. Orná pôda zabe-



Obr. 1. Priebeh ročného úhrnu zrážok v horskej (1 500 m n. m.) a podhorskej (570 a 750 m n. m.) časti povodia (vľavo) a štatistické rozdelenie ročných úhrnov zrážok (vpravo) v hydrologických rokoch 1989 – 2015

Vysvetlivky: krabicové grafy zhora nadol znázorňujú maximum, horný kvartil, medián, dolný kvartil a minimum



Obr. 2. Úhrny zrážok v teplej (máj – september) a v chladnej (december – apríl) časti roka (vľavo) a ich štatistické rozdelenie (vpravo) v hydrologických rokoch 1989 – 2015

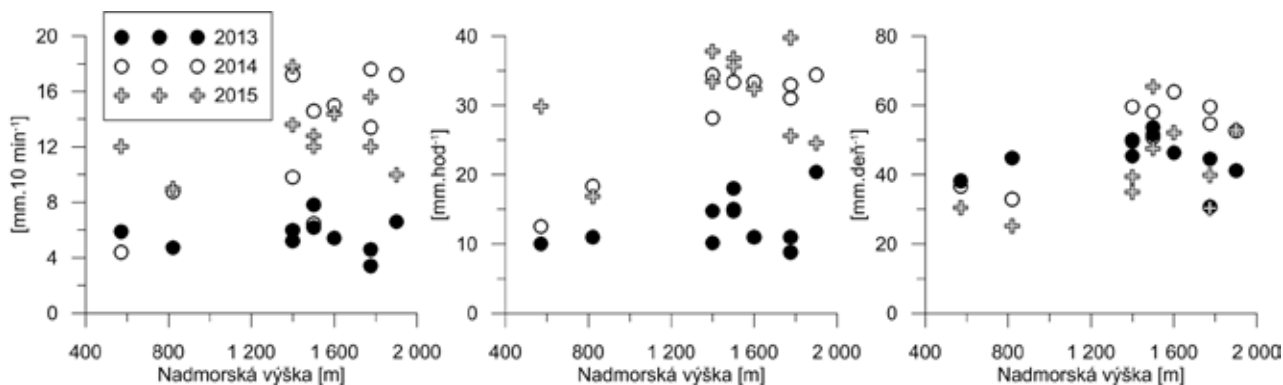
Vysvetlivky: krabicové grafy zhora nadol znázorňujú maximum, horný kvartil, medián, dolný kvartil a minimum

rá 27 % plochy, ihličnaté lesy 20 %, lúky a pasienky 13 % a iné poľnohospodárske areály 12 % plochy. Urbanizované územie pokrýva približne 13 % plochy. Jalovecký potok má v tejto časti dĺžku približne 10 km.

Základnými klimatickými údajmi, hodnotenými v tomto príspevku, sú úhrn atmosférických zrážok

a teplota vzduchu. Z hydrologických prvkov sa zaoberáme výškou a vodnou hodnotou snehu.

Pri atmosférických zrážkach nás zaujímala variabilita ročných, sezónnych (chladná a teplá časť roka) a mesačných úhrnov meraných na voľnej ploche (t. j. mimo lesa) počas hydrologických rokov 1989 – 2015



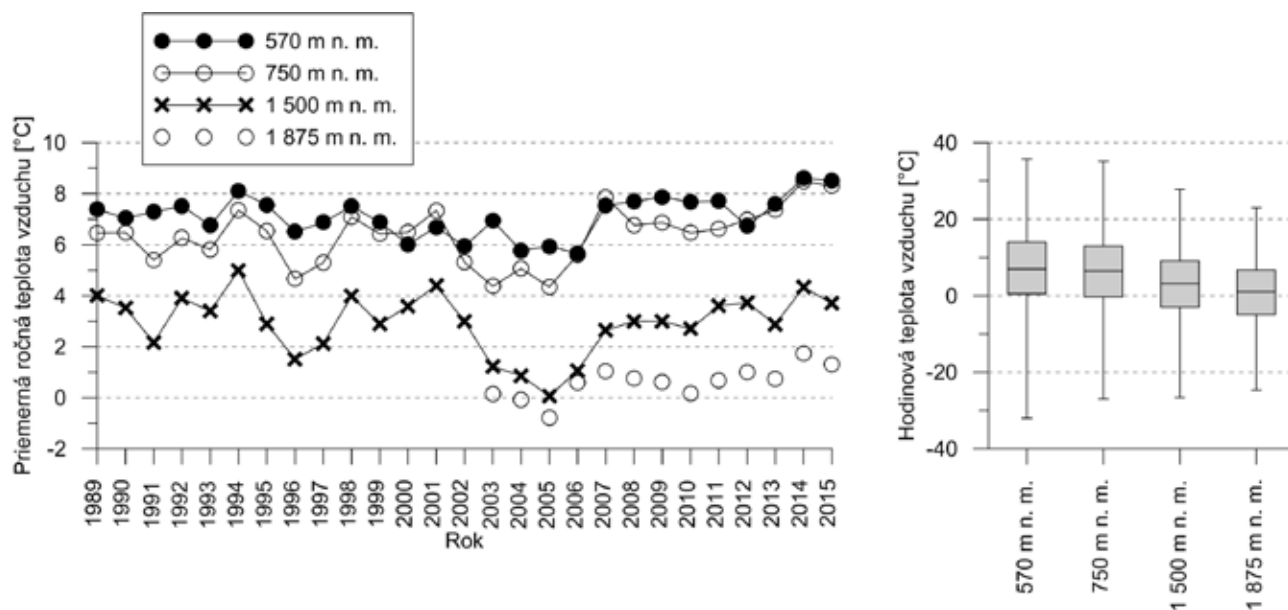
Obr. 3. Maximálne 10-minútové a hodinové dažde a maximálne denné úhrny zrážok za mesiace jún až september na otvorenej ploche v rôznych nadmorských výškach v hydrologických rokoch 2013 – 2015

a rozdiel medzi horskou a podhorskou časťou povodia. Ročný úhrn zrážok určuje vlhkosť pomery stanovišťa a jeho rozdelenie počas roka ovplyvňuje napríklad rast vegetácie. Intenzita krátkodobých dažďov môže okrem iného ovplyvňovať eróziu a vznik svahových pohybov. Ročné a mesačné zrážkové úhrny sú hodnotené na základe meraní v nadmorských výškach 570 m, 750 m (obe lokality sú v podhorskej časti povodia) a 1 500 m (horská časť povodia). Intenzitu zrážok sme merali v hustejšej sieti (10 zrážkomerov rozmiestnených prevažne v horskej časti povodia), ale iba v teplej časti rokov 2013 – 2015 (jún až september).

Dlhodobé údaje o teplote vzduchu (1989 – 2015) boli merané na tých istých lokalitách ako údaje o roč-

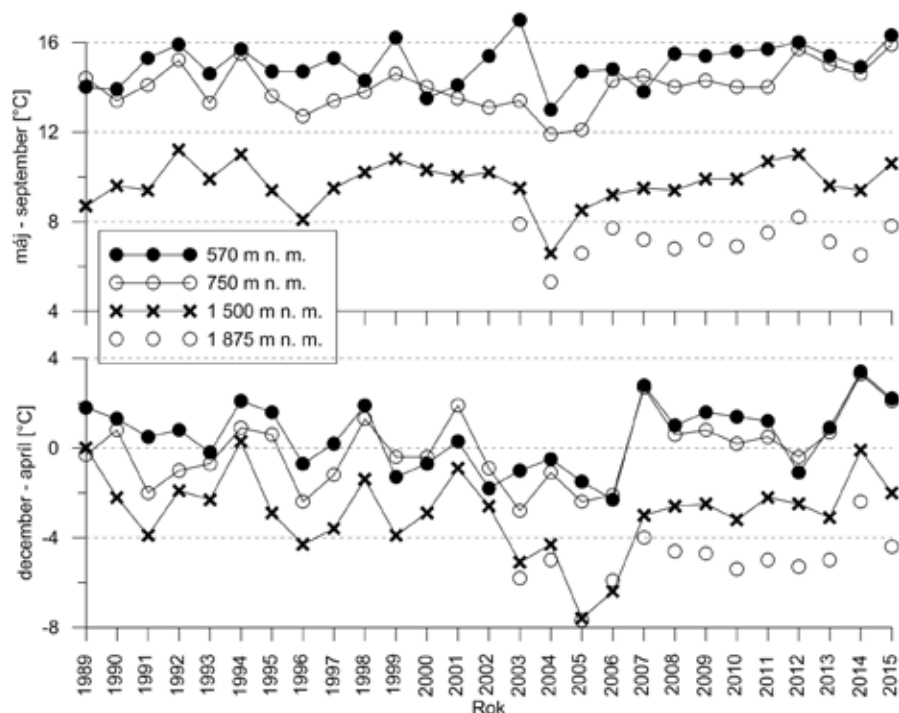
ných a mesačných zrážkach. Od leta 2002 bola meraná teplota vzduchu aj v najvyššej časti povodia v nadmorskej výške 1 875 m. Teplota vzduchu je podobne ako úhrn zrážok významným ekologickým činiteľom, ovplyvňujúcim napríklad prítomnosť alebo početnosť určitých druhov rastlín a živočíchov, fenologické fázy alebo vznik a trvanie snehovej pokrývky.

Merania výšky a vodnej hodnoty snehu boli v povodí vykonávané od zimy 1987. Zamerali sme sa pri nich najmä na horskú časť povodia a merania boli v jednotlivých zimách vykonávané na 4 – 36 lokalitách v nadmorských výškach 570 – 1 875 m. V horskej časti povodia nebolo v minulosti možné vykonávať nepretržité merania výšky a vodnej hodnoty snehu. Preto sme pri hodnotení dĺžky trvania snehovej po-



Obr. 4. Priemerná ročná teplota vzduchu (vľavo) a rozdelenie hodinovej teploty vzduchu (vpravo) v hydrologických rokoch 1989 – 2015

Vysvetlivky: krabicové grafy zhora nadol znázorňujú maximum, horný kvartil, medián, dolný kvartil a minimum; údaje z nadmorskej výšky 1 875 m sú iba od hydrologického roku 2003



Obr. 5. Priemerná teplota vzduchu v teplej (máj – september) a v chladnej (december – apríl) časti roka v hydrologických rokoch 1989 – 2015

krývky v tomto príspevku využili aj výsledky výpočtu vodnej hodnoty snehu v nadmorskej výške 1 500 m (denné hodnoty z hydrologických rokov 1989 – 2014) získané matematickým modelom akumulácie a topenia snehu, ktorý bol kalibrovaný a validovaný na základe meraných údajov (Danko a kol., 2015).

Všetky výsledky sú prezentované formou časových grafov, znázorňujúcich priebeh skúmaných prvkov, a krabicových grafov, zobrazujúcich štatistické rozdelenie hodnôt.

#### Priebeh vybraných hydrologických a meteorologických údajov vo vzťahu k nadmorskej výške

Priebeh ročných úhrnov zrážok v horskej a podhorskej časti povodia (celoročné meranie zrážok na najvyššie položenej stanici nepovažujeme za dostatočne presné, kvôli polohe stanice a jej nedostupnosti dochádza v zime často k namrznutiu snehu na totalizátor, merané zimné a ročné úhrny sa teda nedajú považovať za správne), znázornený na obr. 1, nepoukazuje na to, že by v skúmanom období existoval trend rastu alebo poklesu zrážkových úhrnov. Najvlhkejší bol rok 2010, suché boli najmä roky 2003, 2012 a 2015. Zdá sa však, že výkyvy medzi jednotlivými rokmi (striedanie suchých a vlhkých rokov) sú v posledných rokoch skúmaného obdobia najmä v horskej časti povodia častejšie ako na jeho začiatku. Horská časť povodia mala oveľa vyššie úhrny zrážok ako podhorská časť.

Približne 55 – 60 % ročného úhrnu zrážok spadlo v skúmanom území od mája do septembra (ďalej budeme toto obdobie nazývať teplou časťou roka), kým v chladnej časti roka (december – apríl) spadla asi jedna tretina ročného úhrnu. Zrážky v teplej časti roka boli medziročne rozkolísanejšie ako v jeho chladnej časti, ale namerané údaje nepoukázali na existenciu trendov ani v sezónnych úhrnoch (obr. 2).

Analýza mesačných úhrnov zrážok ukázala trend rastu mesačných zrážok v januári vo všetkých troch nadmorských výškach a v máji v nadmorskej výške 1 500 m a 750 m. Podľa Mannovho-Kendallovho testu však bol v skúmanom období štatisticky významný len nárast januárových zrážok v nadmorskej výške 1 500 m.

Intenzita letných dažďov v rôznych nadmorských výškach v rokoch 2013 – 2015 (najintenzívnejší dážď na každej lokalite v danom roku) je znázornená na obr. 3. Hoci v horskej časti povodia sú intenzity vyššie ako v jeho podhorskej časti, v suchšom lete 2013 boli intenzity dažďov vo všetkých nadmorských výškach podobné. Na rozdiel od celkových ročných alebo sezónnych úhrnov zrážok, ktoré sú v horskej časti povodia oveľa vyššie ako v jeho podhorskej časti, môžu teda byť maximálne intenzity dažďov v podhorskej časti povodia podobné hodnotám vyskytujúcim sa v horskej časti.

Zaujímavý priebeh má teplota vzduchu. Približne do roku 2002 boli priemerné ročné teploty vzduchu rozkolísanejšie ako neskôr (obr. 4). Roky 2003 – 2006 boli v skúmanom období 1989 – 2015 najchladnejšie. Približne od roku 2007 je priebeh teplôt vyrovnaný, t. j. medziročne kolísanie je relatívne malé. Priemerné ročné teploty vzduchu majú od roku 2007 stúpajúci trend. V horskej časti povodia priemerná ročná teplota vzduchu neprekročila hodnoty namerané do roku 2002. V podhorskej časti sú ale takmer všetky roky od roku 2007 rovnako teplé alebo teplejšie ako najteplejšie roky do roku 2002. Obr. 5 ukazuje, že teplé boli najmä chladné časti rokov 2014 a 2015. V podhorskej časti povodia od roku 2007 klesla priemerná teplota v chladnej časti roka (december až apríl) pod nulu iba v roku 2012 a v roku 2014 bola blízka nule aj v nadmorskej výške 1 500 m (čo sa však stalo aj v rokoch 1989 a 1994).

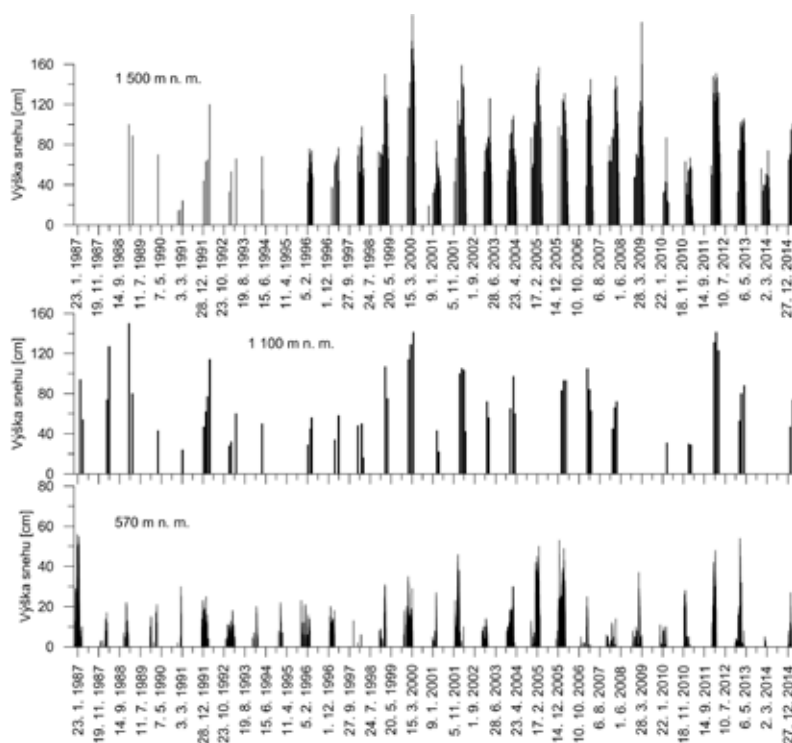
V priebehu priemerných mesačných teplôt vzduchu v rôznych nadmorských výškach sa v skúmanom

období prejavovala medzi jednotlivými rokmi variabilita (najmenšia bola v júni a v júli, najväčšia v novembri až februári), nie však trend.

Pokiaľ ide o hodinové teploty vzduchu, najväčší rozptyl hodnôt sa vyskytoval v najnižšie ležiacej stanici (obr. 4). S rastom nadmorskej výšky sa rozptyl hodinových teplôt vzduchu znižuje. Stanica ležiaca v nadmorskej výške 1 875 m je už na hranici voľnej atmosféry, takže mala najmenší rozsah kolísania teploty vzduchu.

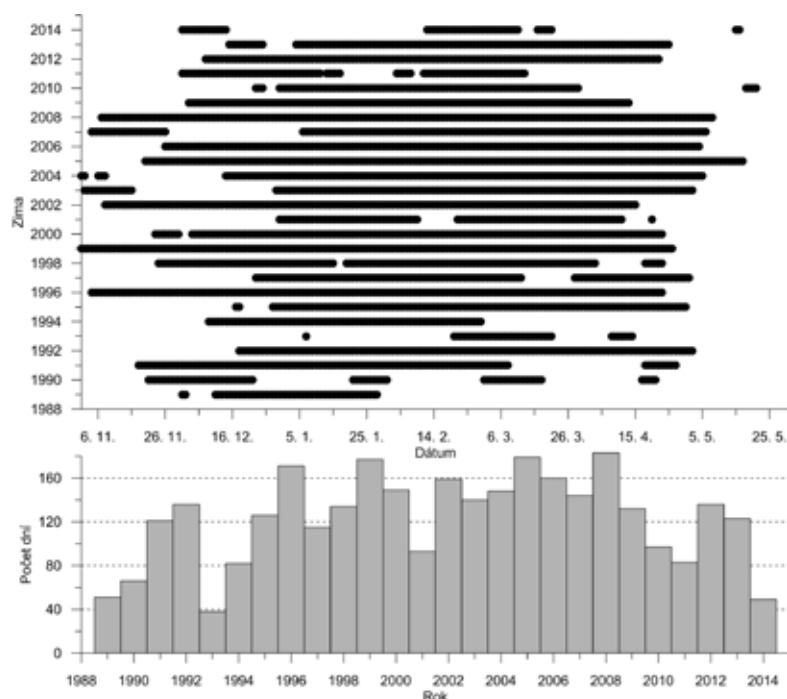
Dlhodobé údaje o výške a vodnej hodnote snehu v horskej časti povodia nepoukazujú na existenciu trendu (t. j. rastu alebo poklesu) v celom skúmanom období, aj keď počet snehovo slabých zim aj vo veľkej nadmorskej výške 1 500 m je od zimy 2010 väčší ako v zimách 2000 – 2009 (obr. 6). Snehová pokrývka mala v posledných rokoch veľmi krátke trvanie najmä v Liptovskej kotline. V nadmorskej výške 570 m nebol v zime 2014 takmer žiadny sneh. Zima 2014 bola snehovo veľmi slabá aj v horskej časti povodia a patrila z tohto hľadiska medzi najhoršie zimy za posledné obdobie aj na celom Slovensku (Krajčí et al., 2016). Výsledky matematického modelovania pre nadmorskú výšku 1 500 m (obr. 7) ukazujú, že podobne slabé zimy sa v horskej časti povodia Jaloveckého potoka vyskytli aj na začiatku 90. rokov 20. storočia. Obr. 7 znázorňuje simulovanú dĺžku trvania snehovej pokrývky s vodnou hodnotou minimálne 30 mm a z nej odvodený sumárny počet dní, počas ktorých bola podľa výpočtu v jednotlivých zimách minimálne táto vodná hodnota snehu. Na základe meraní na danej lokalite vieme, že pri takejto vodnej hodnote je už v jarnom období len nesúvislá snehová pokrývka.

Uvedené merania potvrdzujú veľkú variabilitu snehu v horách. Rozdiel vo vodnej hodnote snehu na rovnakej lokalite, ale na rôzne orientovaných svahoch (východ/západ) môže v rôznych termínoch merania dosahovať desiatky percent. Priemerný dlhodobý rozdiel na dvoch profiloch s rôznou orientáciou svahov ležiacich na tej istej lokalite za zimy 1987 – 2008 bol v nadmorských výškach 1 100 a 1 500 m takmer 20 %.



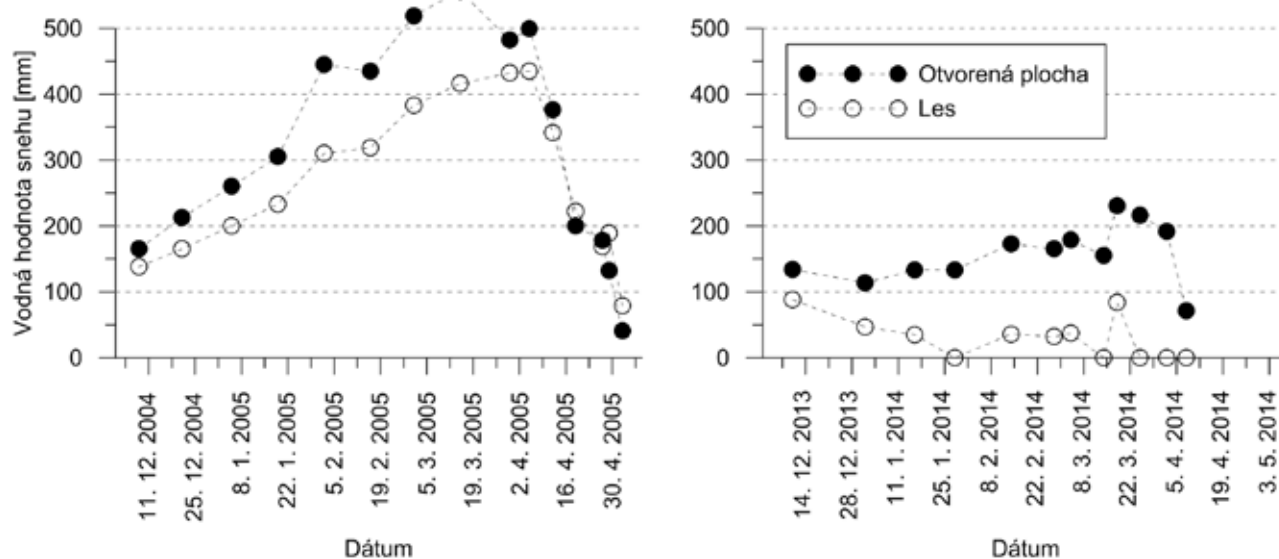
Obr. 6. Výška snehovej pokrývky v rôznych nadmorských výškach v hydrologických rokoch 1988 – 2014

Vysvetlivky: mierka na osi y pre nadmorskú výšku 570 m je iná, ako pre nadmorské výšky 1 100 m a 1 500 m



Obr. 7. Výskyt snehovej pokrývky s vodnou hodnotou nad 30 mm v nadmorskej výške 1 500 m (hore) a počet dní s vodnou hodnotou snehu nad 30 mm (dole) podľa simulácie matematickým modelom akumulácie a topenia snehu v zimnom období v rokoch 1989 – 2014

Vysvetlivky: pri vodnej hodnote 30 mm môže mať snehová pokrývka v závislosti od hustoty snehu výšku približne od 8 cm (starý sneh na jar) do 30 cm (čerstvo napadnutý sneh)



Obr. 8. Meraná vodná hodnota snehu na otvorenej ploche v nadmorskej výške 1 500 m a v neďalekom lese počas snehovo dobrej zimy v roku 2005 (vľavo) a snehovo slabšej zimy v roku 2014 (vpravo)

Viac snehu bolo na porovnávaných lokalitách na západných svahoch.

Porovnanie množstva snehu na otvorenej ploche a v neďalekom lese v oblasti hornej hranice lesa (cca 1 500 m n. m.) za zimy 2003 – 2015 ukázalo, že v lese bolo v dlhodobom priemere takmer o polovicu menej snehu ako na voľnej ploche. Rozdiel medzi množstvom snehu v lese a na voľnej ploche je však v jednotlivých zimách a termínoch merania variabilný. V snehovo dobrej zime sa môže stať aj to, že v lese sa sneh roztopí neskôr ako na voľnej ploche (obr. 8).

\* \* \*

Dlhodobé údaje o atmosférických zrážkach, teplote vzduchu a snehovej pokrývke potvrdzujú veľké rozdiely medzi horskou a podhorskou časťou povodia. Časové zmeny mali v období 1989 – 2015 väčšinou charakter variability, nie trendu. Teplota vzduchu v chladnej časti roka (december až apríl) a početnosť slabých zím v podhorskej časti povodia však majú v posledných rokoch iný priebeh ako v minulosti.

*Príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV v rámci projektu č. 2/0055/15.*

## Literatúra

- Danko, M., Holko, L., Kostka, Z., Tehečí, P.: Simulácia vodnej hodnoty snehu, dávky vody z topiaceho sa snehu a odtoku počas zimného obdobia v horskom povodí. Acta Hydrologica Slovaca, 2015, 16, 1, s. 42 – 50.
- Fleischer, P., Fleischer, P. ml., Ferenčík, J.: Koľko generácií môže mať lykožrút smrekový v Tatrách? In: Kunca, A. (ed.): Aktu-

álne problémy ochrany lesa 2016. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2016, s. 106 – 111.

- Greenland, D., Goodin, D. G., Smith, R. C. (eds.): Climate Variability and Ecosystem Response at Long-Term Ecological Research Sites. Oxford, New York: Oxford University Press, 2003, 480 p.
- Holko, L., Kostka, Z., Danko, M., Liová, S.: Hydrologický cyklus v horskom prostredí. Životné prostredie, 2011, 45, 2, s. 59 – 63.
- Jackson, S. T., Betancourt, J. L., Booth, R. K., Gray, A. T.: Ecology and the Ratchet of Events: Climate Variability, Niche Dimensions, and Species Distributions. PNAS, 2009, 106, Suppl. 2, p. 19685 – 19692.
- Krajčí, P., Holko, L., Parajka, J.: Variability of Snow Line Elevation, Snow Cover Area and Depletion in the Main Slovak Basins in Winters 2001–2014. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 2016, 64, 1, p. 12 – 22.
- National Research Council: Ecological Impacts of Climate Change. Washington, DC (USA): The National Academy Press, 2008, 70 p.

RNDr. Ladislav Holko, PhD., holko@uh.savba.sk

Ing. Michal Danko, PhD., danko@uh.savba.sk

Ing. Jozef Hlavčo, hlavco@uh.savba.sk

RNDr. Zdeněk Kostka, PhD., kostka@uh.savba.sk

Ústav hydrológie SAV, Experimentálna hydrologická základňa, Ondrašovská 16, 031 04 Liptovský Mikuláš