

VÝVOJ SNEHOVEJ POKRÝVKY NA SLOVENSKU V OBDOBÍ ROKOV 1981/1982 – 2017/2018

DEVELOPMENT OF SNOW COVER IN SLOVAKIA

IN THE PERIOD 1981/1982 – 2017/ 2018

Cyril Siman^{1,2}, Jaroslava Slavkova³

¹ Ústav hydrológie Slovenskej akadémie vied, Oddelenie hydrológie povrchových vôd, Bratislava, siman@uh.savba.sk

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Meteorologické predpovede a výstrahy, Bratislava

³ Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky fyziky a informatiky, Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie, Bratislava, Jaroslava.Slavkova@fmph.uniba.sk

Abstract

In this contribution, we evaluated the development of selected snow cover characteristics in Slovakia in the period 1981/82 – 2017/18. We used data about the daily height of snow cover from 31 stations of Slovak Hydrometeorological Institute. The linear least squares regression trend analysis was performed on following snow cover characteristics: count of days with snow cover 1 cm, 10 cm and 20 cm and more, but also for the sum of snow cover, the average height of snow cover, first and last day of snow cover and period of snow cover. The significance of trends was tested on statistical significance at the 0,05 significance level using the Student's t-statistic. Analysis showed that at lower altitudes, there is a decrease in days with a snow cover of 1, 10 and 20 cm or more, the decrease of the sum and the average height of the snow cover and the shortening of the snow cover period. Significant, and at several stations, also statistically significant, is also the shift of the last day with the snow cover at an earlier date. In the Tatras area, on the contrary, it is possible to see the increase in the number of days with a snow cover of 20 cm or more, this corresponds also with the increase in the sum of the snow cover and the average height of the snow cover.

Anotation

In this contribution, we evaluated development and statistical significance of trends of selected characteristics of snow cover in Slovakia in the period 1981/82 – 2017/18. Data about the height of snow cover was provided by the Slovak Hydrometeorological Institute.

Key words: snow cover, trend analysis, winter season, Slovakia.

Anotácia

V príspevku sme vyhodnotili vývoj a štatistickú významnosť trendov vybraných charakteristík snehovej pokrývky na území Slovenska v období 1981/82 – 2017/18. Údaje o výške snehovej pokrývky nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav.

Kľúčové slová: snehová pokrývka, trendová analýza, zimná sezóna, Slovensko.

ÚVOD

Snehová pokrývka je jeden zo základných meteorologických a klimatických činiteľov, je dôležitá z hľadiska viacerých odvetví národného hospodárstva a ľudskej činnosti vôbec. Vytvára vrstvu so špecifickou bilanciou žiarenia a šírenia tepla v prízemnej vrstve ovzdušia, čo ovplyvňuje celý rad prírodných procesov (Šamaj a Valovič, 1988). Snehová pokrývka má veľký význam najmä na začiatku vegetačného obdobia. Vlhka z topiaceho sa snehu pozitívne vplýva na optimálny rast poľnohospodárskych plodín. Podľa Křístek a kol. (2011) je sneh faktorom prostredia, ktorý významne integruje so všetkými zložkami ekosystémov. Poznávanie jeho vlastností je dôležité nie len v meteorológii, klimatológii a hydrológii, ale tiež v geografii, geológii, ekológii, geobotanike, poľnohospodárstve a lesníctve.

Výskyt snehovej pokrývky je pravidelný len v oblastiach s trvalou zápornou teplotou vzduchu v zime. V nížinách v celej strednej Európe je v dôsledku častého striedania období s kladnou a zápornou priemernou teplotou vzduchu jej výskyt nepravidelný. Kvôli častým teplotným zmenám je snehová pokrývka aj u nás málo trvanlivá a často prerušovaná (Šamaj a Valovič, 1988). Podľa Šamaj a kol. (1991) patria nížiny Slovenska do oblasti s takmer každoročným výskytom snehovej pokrývky, ktorá sa ďalej vyznačuje nestálosťou z hľadiska dĺžky trvania a času jej výskytu. Stredné a vyššie polohy patria do oblasti so stálou, každoročne vznikajúcou, snehovou pokrývkou s rôznou dĺžkou trvania. Na Slovensku sa snehová pokrývka vyskytuje každú zimu aj v najteplejších nížinných oblastiach. Napríklad aj v teplej zime 1924/1925 ležala v Hurbanove snehová pokrývka predsa 5 dní (Konček a Briedoň 1964). Snehové pomery strednej Európy sú závislé hlavne na cirkulačných podmienkach, ktoré vplývajú predovšetkým na zrážkový a teplotný charakter zimného obdobia (Šamaj a kol., 1991).

Vzhľadom na rýchlo prebiehajúcu zmenu klímy, ktorú si klimatológovia všimli už v priebehu 20. st. (Konček, 1957; Petrovič, 1952; Chromov, 1968) a v neposlednom rade sa o nej píše napríklad aj v tretej národnej správe o zmene klímy (2001), sme sa rozhodli spracovať vybrané charakteristiky snehovej pokrývky na území Slovenska v období 1981/82 – 2017/2018. V uvedenom období sa vyskytlo niekoľko zím veľmi chudobných na snehovou pokrývkou (1997/98, 2006/07, po roku 2010 napr. 2013/14), ale tiež na sneh pomerne bohaté zimy (1986/87, 1995/96, po roku 2010 to bola napríklad zima 2012/13).

ÚDAJE A METODIKA PRÁCE

V článku prezentujeme spracovanie vybraných charakteristík snehovej pokrývky na území Slovenska v období od 1981/82 – 2017/18, so zreteľom na vyhodnotenie vývoja a štatistickú významnosť trendov charakteristík snehovej pokrývky.

Denné údaje o výške snehovej pokrývky z 31 staníc nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (obr. 1).

Metodika hodnotenia vybraných charakteristík snehovej pokrývky vychádzala najmä z práce Sneh a snehová pokrývka na Slovensku (Konček a Briedoň, 1964) a zborníka SHMÚ zv. 14/III (Šamaj a Valovič, 1988).

Snehovú pokrývku sme vyhodnotili pre zimné obdobie v širšom slova zmysle (november až apríl), pričom sme sa zamerali na vyhodnotenie charakteristických dátumov výskytu snehovej pokrývky (*prvý a posledný deň so snehovou pokrývkou, dĺžka obdobia snehovej pokrývky*), *priemernej výšky snehovej pokrývky, počtu dní so snehovou pokrývkou a sumy snehovej pokrývky*.

Za prvý, respektíve posledný deň so snehovou pokrývkou považujeme taký deň, v ktorý ráno o 7:00 hod. ležala v okolí pozorovacej stanice súvislá snehová pokrývka 1 cm a viac.

Obdobie, ktoré začína prvým dňom so snehovou pokrývkou a končí posledným dňom so snehovou pokrývkou nazývame *obdobím snehovej pokrývky*, a to aj napriek tomu, že snehová pokrývka môže byť počas tohto obdobia niekoľkokrát prerušená. Na staniaciach Chopok a Lomnický štít sme prvý a posledný deň so snehovou pokrývkou nehodnotili, pretože sa tu snehová pokrývka pomerne často vyskytovala aj v letných mesiacoch (na Lomnickom štíte je výskyt snehovej pokrývky v niektorom z letných mesiacov v podstate bežným javom).

Priemerná výška snehovej pokrývky predstavuje súčet denných výšok snehovej pokrývky delený počtom dní so snehovou pokrývkou zimného obdobia (november – apríl).

Počet dní so snehovou pokrývkou uvádzame ako sumu dní so súvislou snehovou pokrývkou určitej výšky (1 cm, 10 cm a 20 cm a viac), ktorá sa vyskytla počas zimného obdobia. Dni s nesúvislou snehovou pokrývkou alebo s popraškom sme do analýzy nezahrnuli.

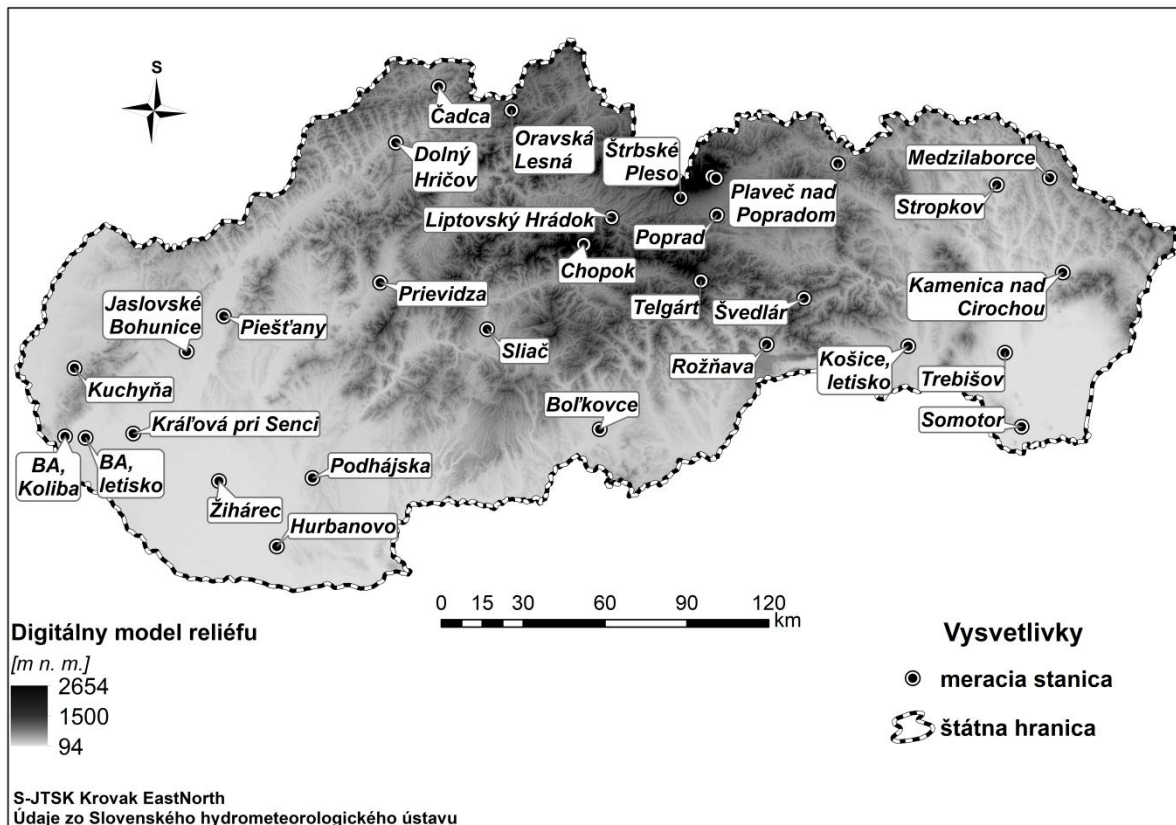
Sumu snehovej pokrývky získame sčítaním denných výšok snehovej pokrývky zimného obdobia.

Časový vývoj uvedených charakteristík snehovej pokrývky sme určili na základe regresných koeficientov lineárnej regresnej analýzy. Významnosť regresných koeficientov (trendov) sme ohodnotili Studentovým t-testom. Trend sme považovali za významný pokiaľ bola Studentova premenná t väčšia než kritická hodnota Studentovho rozdelenia na hladine významnosti $\alpha=0,05$ pre daný počet stupňov voľnosti.

Nie na všetkých staniaciach sme mali k dispozícii celý 37 ročný rad údajov o snehovej pokrývke. Konkrétne zo stanice Rožňava chýbali údaje zo sezóny 2017/18 a preto sme tu trendy vývoja charakteristík snehovej pokrývky vyhodnotili len pre obdobie 1981/82 – 2016/17. Na stanici Somotor chýbali údaje z posledných troch sezón (2015/16; 2016/17; 2017/18). Trendová analýza tak bola na tejto stanici vyhodnotená pre obdobie 1981/82 – 2014/15). Špecifická situácia bola na stanici Plaveč nad Popradom, kde chýbala časť údajov zo sezóny 2015/16 (konkrétne od 2.1.2016 – 29.2.2016). Na tejto stanici sme trend vývoja pre všetky charakteristiky snehovej pokrývky s výnimkou prvého dňa so snehovou pokrývkou vyhodnotili pre obdobie 1998/99 – 2014/15. V prípade charakteristiky *prvý deň so snehovou pokrývkou* bolo možné vyhodnotiť trend vývoja pre

všetkých 37 zimných sezón, keďže prvý deň so snehovou pokrývkou sa vyskytol ešte 11.10.2015, teda nie v čase výpadku merania v rámci sezóny 2015/16.

Charakteristiky snehovej pokrývky sme spracovali v programe Excel 2010, štatistická významnosť trenov bola vyhodnotená v programe R a mapy boli zhotovená v programe Arc map 10.2.



Obr. 1: Vymedzenie územia a geografická poloha 31 staníc, z ktorých boli analyzované údaje.

VÝSLEDKY

Prvou hodnotenou charakteristikou bol *počet dní so snehovou pokrývkou 1 cm a viac*. V období 1981/82 – 2017/18 sme s výnimkou dvoch staníc (Lomnický štít a Skalnaté Pleso) zaznamenali klesajúci trend v počte dní so snehovou pokrývkou 1 cm a viac. Ten po prepočítaní na 10-ročné obdobie predstavoval na väčšine staníc zhruba pokles od 2 do 7 dní za 10 rokov. Trend poklesu bol štatisticky významný na dvoch staniách, a to v Žihárce (pokles o 7 dní za 10 rokov) a v Dolnom Hričove (pokles o 10 dní za 10 rokov). Len na jedinej stanici sme zaznamenali rastúci trend v počte dní so snehovou pokrývkou 1 cm a viac, a to na stanici Skalnaté Pleso (vzostup o 2 dni za 10 rokov). Nulový trend sme vyhodnotili z údajov z Lomnického štítu (obr. 2).

Druhou hodnotenou charakteristikou bol *počet dní so snehovou pokrývkou 10 cm a viac*. Aj pri tejto charakteristike snehovej pokrývky sme na väčšine staníc opäť zaznamenali pokles v počte dní. Na stanici Štrbské Pleso, Poprad a Lomnický štít bol zaznamenaný nulový a na Skalnatom plese opäť stúpajúci trend vývoja. Štatisticky významný trend sa vyskytol na troch staniach, pričom vo všetkých troch prípadoch išlo o významný pokles v počte dní so snehovou pokrývkou 10 cm a viac. Išlo o stanice Bratislava – letisko, Žihárec a Hurbanovo. Na týchto staniach sme po prepočítaní na 10-ročné obdobie vyhodnotili pokles o zhruba v5 dní na 10 rokov. Ešte výraznejší pokles sme zaznamenali napríklad v Liptovskom Hrádku, Dolnom Hričove (pokles o 8 dní za 10 rokov) a v Čadci (pokles o 9 dní za 10 rokov), aj napriek tomu tento trend len tesne nevyšiel ako štatisticky významný (avšak tieto trendy môžeme považovať za významné s 90 percentnou pravdepodobnosťou podľa Studentovho rozdelenia kritických hodnôt ($\alpha=0,10$)). Štatisticky nevýznamný rast v počte dní so snehovou pokrývkou 10 cm a viac na stanici Skalnaté Pleso predstavuje vzostup o 4 dni za desať rokov (obr. 3).

Pri charakteristike *počet dní so snehovou pokrývkou 20 cm a viac* boli v porovnaní s predošlými dvoma charakteristikami výsledky menej jednoznačné. Na väčšine staníc sme síce opäť zaznamenali pokles v počte dní, avšak až na 7 staniach bol trend nulový a na troch staniach dokonca rastúci trend. Najvýraznejší, avšak nie štatisticky významný, rast sme opäť zaznamenali na stanici Skalnaté Pleso (vzostup 7 dní za 10 rokov), naopak najvýraznejší pokles v počte dní sa vyskytol v Oravskej Lesnej (pokles o 7 dní za 10 rokov). Štatisticky významný trend bol len na stanici Žihárec, kde po prepočítaní na 10-ročné obdobie išlo o pokles o 2 dni za 10 rokov (obr. 4).

Pri *sume snehovej pokrývky* sme až na piatich staniach, ktoré môžeme považovať za horské stanice, zaznamenali rastúci trend vývoja. Išlo o stanice Chopok, Telgárt, Poprad, Skalnaté Pleso a Lomnický štít. Najvýraznejší vzostup bol na Lomnickom štíte (vzostup o 2135 cm za 10 rokov), druhý najvýraznejší na Chopku (vzostup o 1019 cm za 10 rokov). Štatisticky významný trend sme zaznamenali len na troch staniach (Bratislava – letisko, Žihárec a Hurbanovo), pričom vo všetkých troch prípadoch išlo o významný pokles v sume snehovej pokrývky (obr. 5).

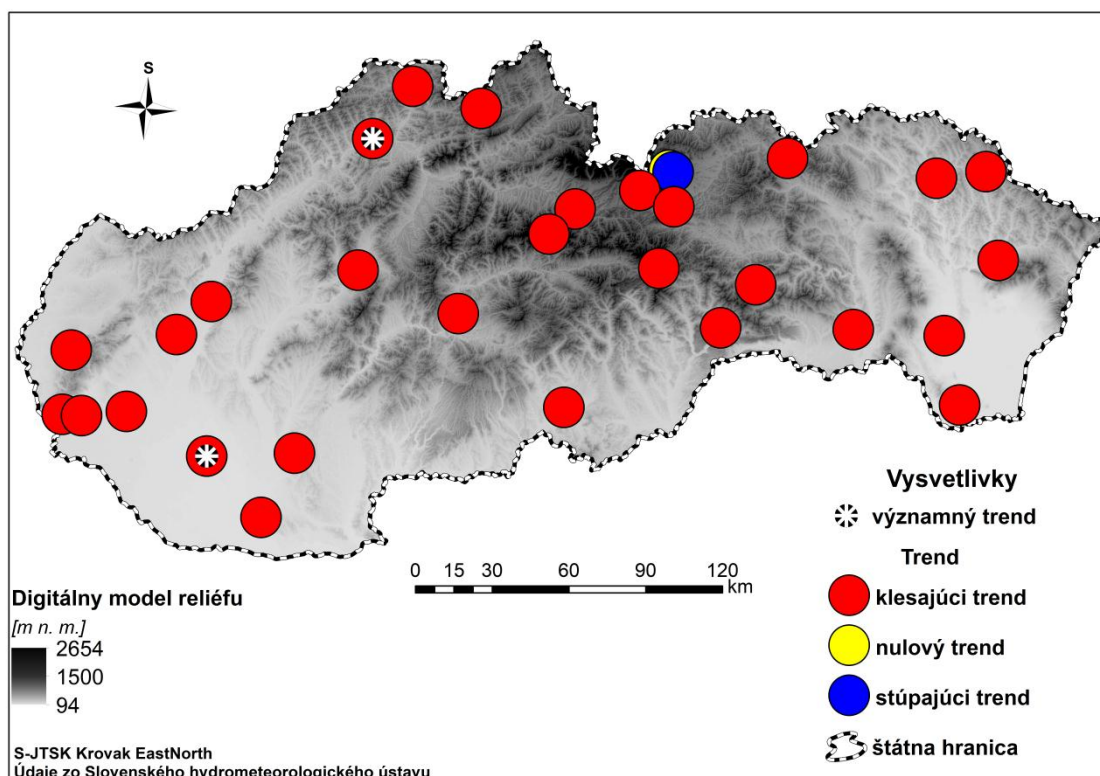
Pri *priemernej výške snehovej pokrývky* boli výsledky podobné. K staniam so štatisticky významným poklesom priemernej výšky snehovej pokrývky sa okrem stanice Bratislava – letisko, Žihárec a Hurbanovo pridala aj stanica Bratislava – Koliba. Na väčšine staníc sme zaznamenali pokles o 1 až 3 cm za 10 rokov. Na staniach Chopok, Lomnický štít

a Skalnaté Pleso bol zaznamenaný rastúci trend priemernej výšky snehovej pokrývky, najvýraznejšie na Lomnickom štíte (o 12 cm za 10 rokov) (obr. 6).

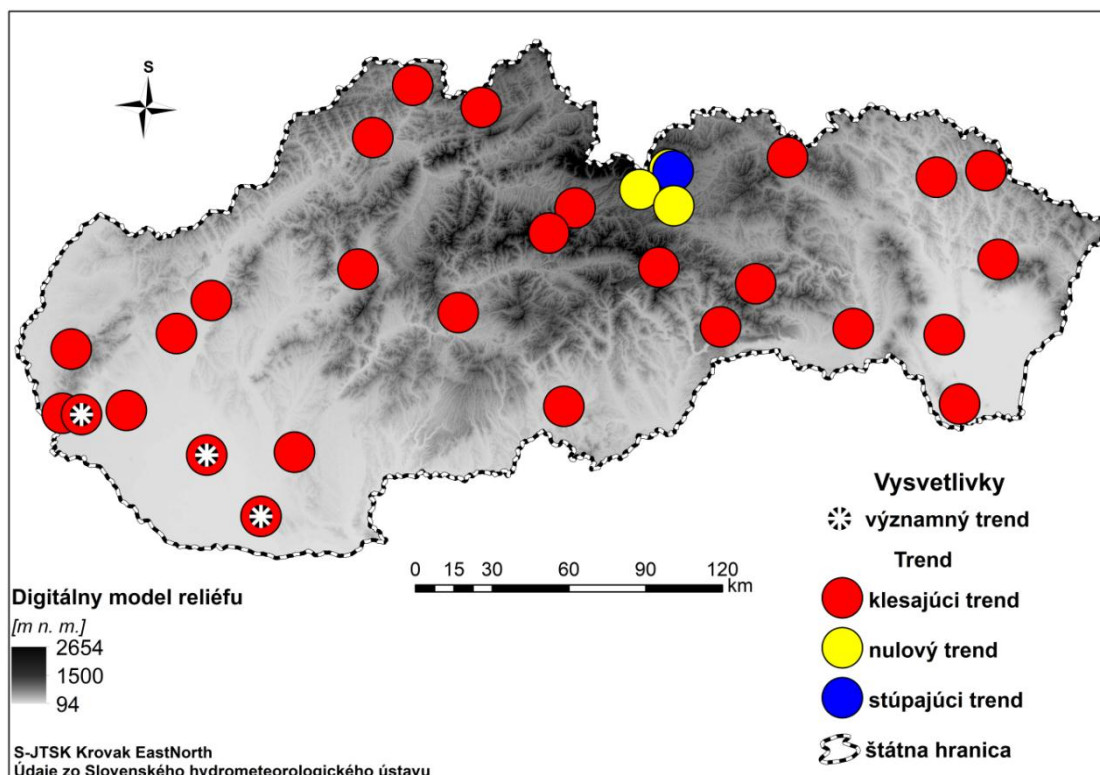
Z hľadiska interpretácie výsledkov najzložitejšie je zrejme hodnotenie vývoja *prvého dňa so snehovou pokrývkou*. Keďže sme hodnotili deň v roku kedy sa na danej stanici prvýkrát vyskytla súvislá snehová pokrývka, tak stúpajúci trend znamená posun k neskoršiemu dátumu. Pripomíname ešte, že na stanicach Lomnický štít a Chopok sme túto charakteristiku, rovnako ako posledný deň so snehovou pokrývkou a obdobie snehovej pokrývky, nehodnotili. Z hodnotených staníc sme stúpajúci trend, a teda posun k neskorším dátumom výskytu prvého dňa so snehovou pokrývkou, vyhodnotili na deviatich stanicach, so štatisticky významným stúpajúcim trendom len na stanici Skalnaté Pleso (posun k neskoršiemu dátumu o 9 dní za 10 rokov). Posun k skoršiemu dátumu sme vyhodnotili tiež na deviatich stanicach (1 až 4 dni za 10 rokov), na 11 stanicach bol trend vývoja nulový (obr. 7).

Pri *poslednom dni so snehovou pokrývkou* sme na všetkých stanicach s výnimkou jednej (Somotor), zaznamenali klesajúci trend, ktorý znamená posun posledného dňa so súvislou snehovou pokrývkou na skorší dátum. Až na ôsmych stanicach bol trend štatisticky významný, pričom ide o stanice s polohou zväčša v severnej polovici stredného a východného Slovenska (obr. 8). Na stanicach v Žihárce, v Liptovskom Hrádku, v Poprade, vo Švedlári a v Plavči nad Popradom ide pritom o posun v priemere o 8 dní za 10 rokov.

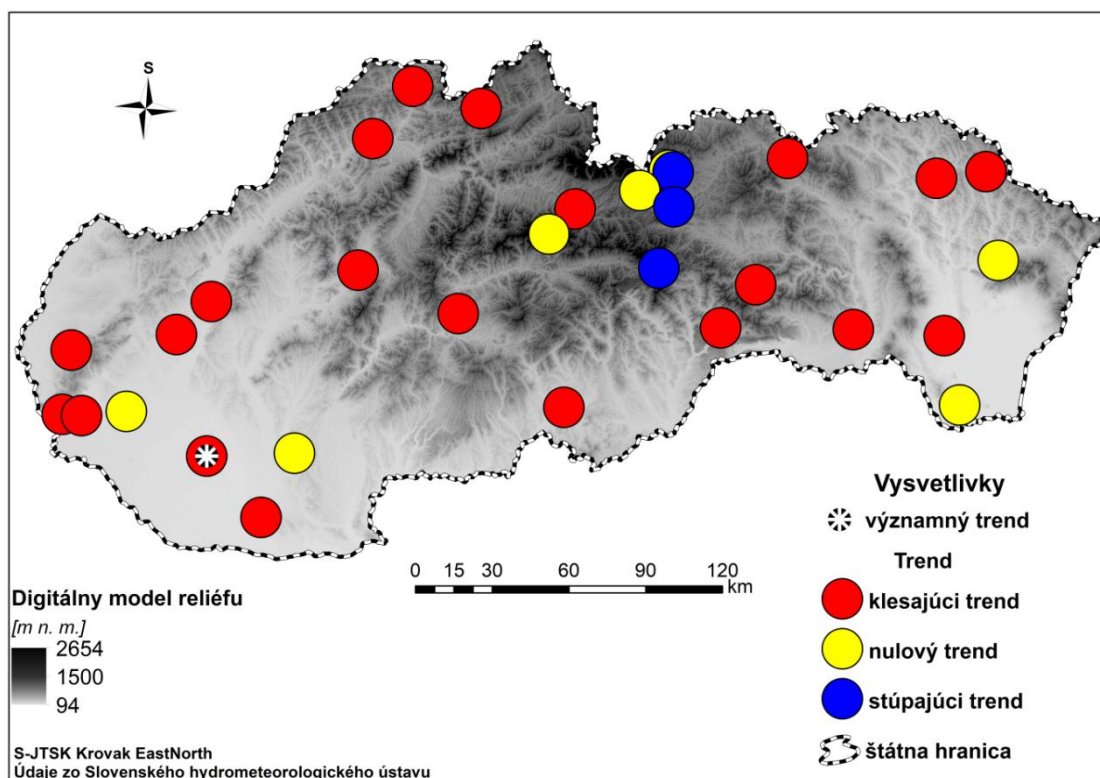
Poslednou hodnotenou charakteristikou snehovej pokrývky bolo *obdobie snehovej pokrývky* (počet dní medzi prvým a posledným dňom so snehovou pokrývkou vrátane). Tu sme zaznamenali opäť väčšinou klesajúci trend, teda skracovanie obdobia snehovej pokrývky. Štatisticky významný trend bol na šiestich stanicach, najvýraznejšie skrátenie obdobia snehovej pokrývky sme vyhodnotili na stanicach Skalnaté Pleso (pokles v dĺžke trvania o 12 dní za 10 rokov) a Žihárec (pokles v dĺžke trvania o 11 dní za 10 rokov). Stúpajúci trend (predlžovanie obdobia snehovej pokrývky) bol zaznamenaný len na stanicach Kráľová pri Senci a Rožňava (3 dni za 10 rokov) (obr. 9).



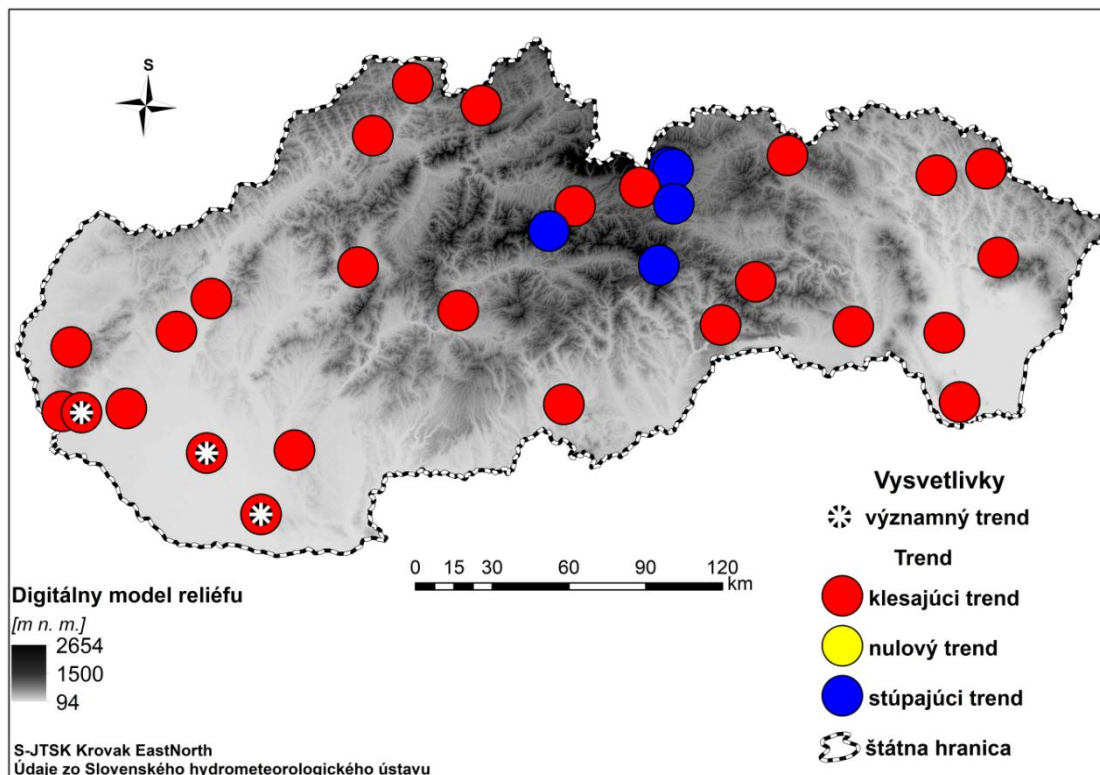
Obr. 2: Vývoj v počte dní so snehovou pokrývkou 1 cm a viac v období 1981/82 – 2017/18.



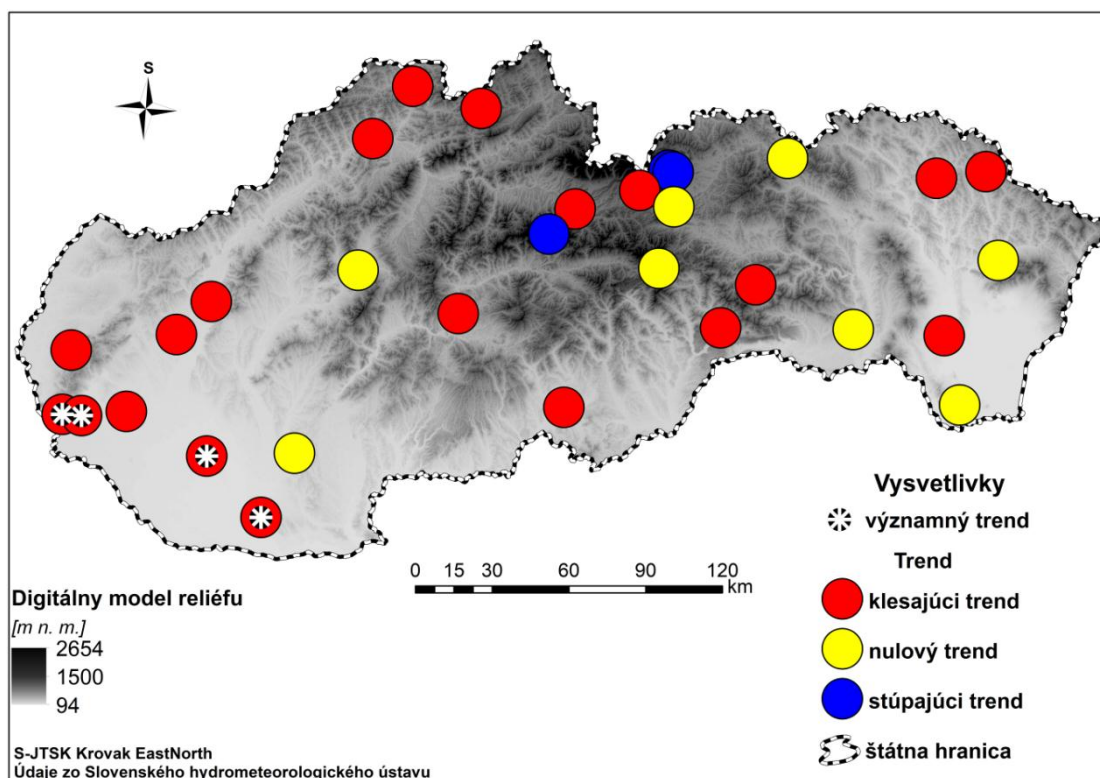
Obr. 3: Vývoj v počte dní so snehovou pokrývkou 10 cm a viac v období 1981/82 – 2017/18.



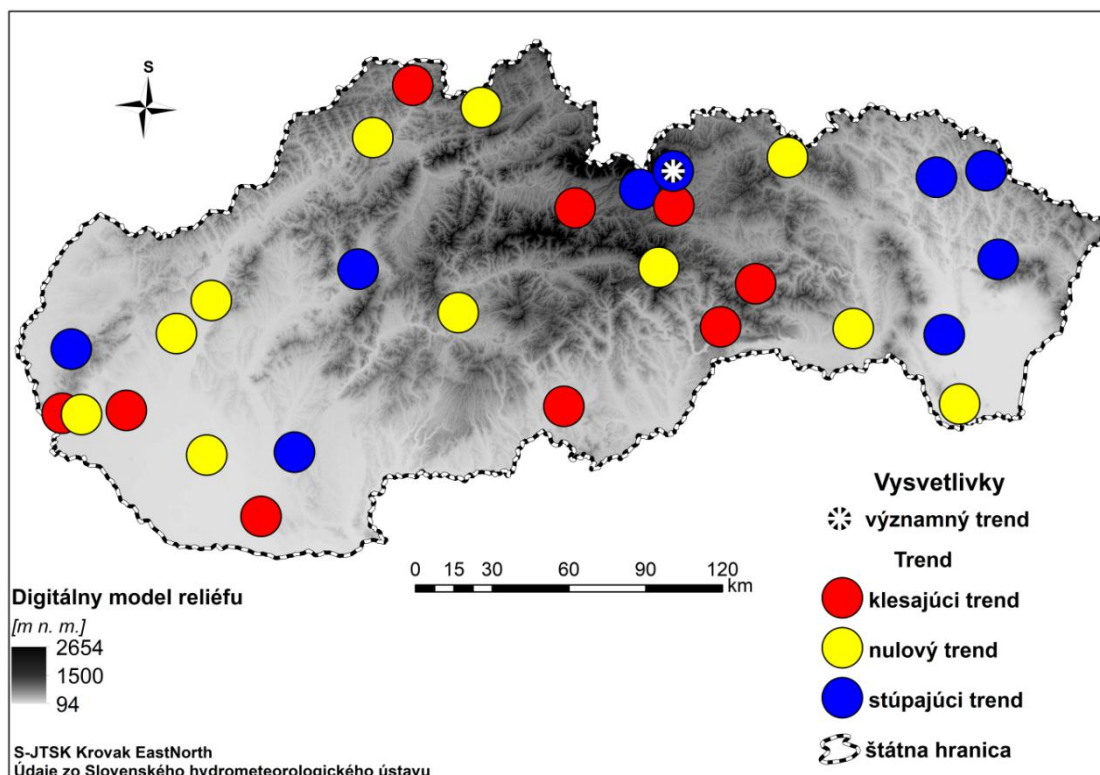
Obr. 4: Vývoj v počte dní so snehovou pokrývkou 20 cm a viac v období 1981/82 – 2017/18.



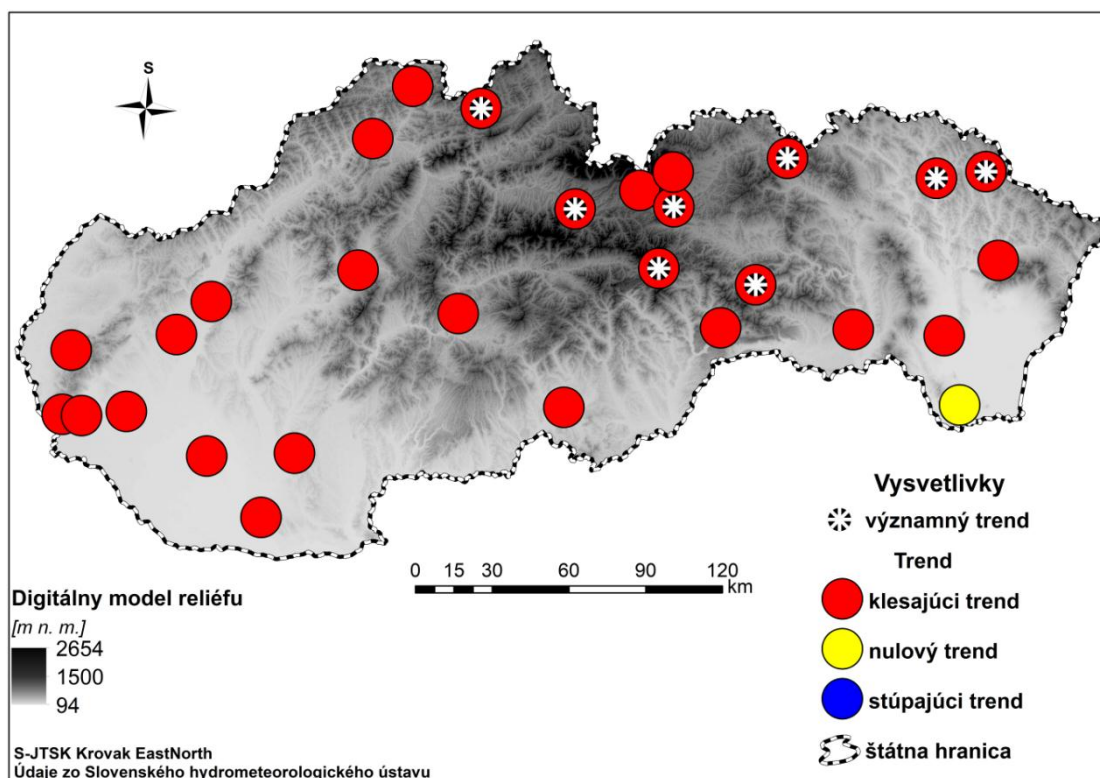
Obr. 5: Vývoj sumy snehovej pokrývky v období 1981/82 – 2017/18.



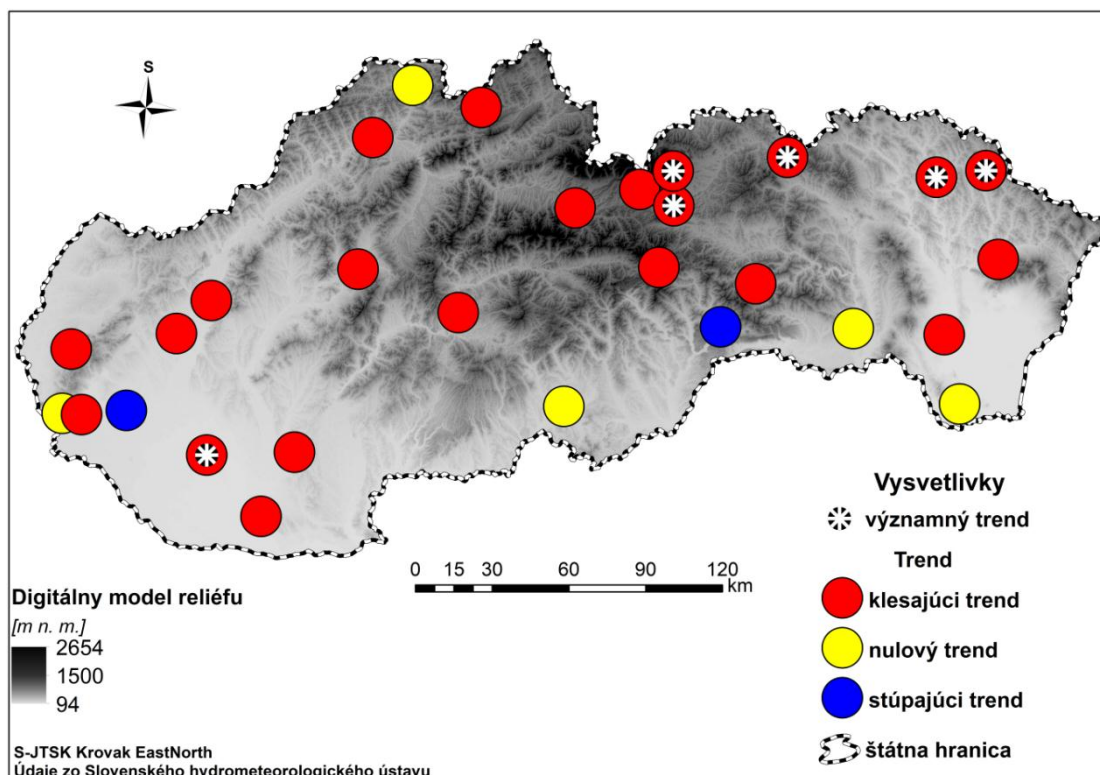
Obr. 6: Vývoj priemernej výšky snehovej pokrývky v období 1981/82 – 2017/18.



Obr. 7: Vývoj v prvom dni so snehovou pokrývkou v období 1981/82 – 2017/18.



Obr. 8: Vývoj v poslednom dni so snehovou pokrývkou v období 1981/82 – 2017/18.



Obr. 9: Vývoj v dĺžke trvania obdobia snehovej pokrývky v období 1981/82 – 2017/18.

ZÁVER

V príspevku sme vyhodnotili trend vývoja vybraných charakteristík snehovej pokrývky na území Slovenska v období 1981/82 – 2010/11. Údaje o dennej výške snehovej pokrývky z 31 staníc nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (obr. 1).

Pri počte dní so snehovou pokrývkou 1 cm, 10 cm a 20 cm a viac sme na viacerých staniách zaznamenali klesajúci trend v počte takýchto dní. Zaujímavý je však naopak nulový alebo stúpajúci trend, ktorý sa nápadne vyskytol prevažne v našich horských oblastiach (Skalnaté Pleso, Lomnický štít, Štrbské Pleso, Poprad, Telgárt). Pri vývoji *sumy snehovej pokrývky* je rozdiel vo vývoji medzi nižšími a vyššími polohami ešte nápadnejší. Na väčšine staníc bol zaznamenaný klesajúci trend vývoja sumy snehovej pokrývky, avšak na Chopku, Skalnatom Plese, v Telgárte, v Poprade a na Lomnickom štíte sa vyskytol stúpajúci trend. Pri *priemernej výške snehovej pokrývky* sa na štyroch staniách na juhozápade Slovenska vyskytol štatisticky významný klesajúci trend vývoja priemernej výšky snehovej pokrývky, ale na Chopku, Skalnatom Plese a Lomnickom štíte bol zaznamenaný opačný – stúpajúci trend. Interpretačne najzložitejšou charakteristikou bol *prvý deň so snehovou pokrývkou*. Stúpajúci trend znamená v tomto prípade posun prvého dňa so snehovou pokrývkou na neskorší dátum v roku. Štatisticky významný rastúci trend sa vyskytol len na stanici Skalnaté Pleso (Lomnický štít ani Chopok sme tu nehodnotili). Oveľa jednoznačnejšie boli výsledky pri *poslednom dni so snehovou pokrývkou*, kde sme takmer na všetkých staniách s výnimkou jednej (Somotor) zaznamenali klesajúci trend, a teda posun posledného dňa so snehovou pokrývkou na skorší dátum v roku. Štatisticky významný trend bol zaznamenaný až na ôsmich staniách lokalizovaných v severnej polovici stredného a východného Slovenska. Podobne sa dá pozerat' aj na *obdobie snehovej pokrývky*, kde sme na väčšine staníc tiež zaznamenali klesajúci trend, ktorý znamená skracovanie obdobia medzi prvým a posledným dňom so snehovou pokrývkou (vrátane). Štatisticky významný klesajúci trend bol na šiestich staniách prevažne v severnej polovici východného Slovenska.

Z analýzy vyplýva, že najmä v nižších polohách dochádza k poklesu dní so snehovou pokrývkou 1, 10 a 20 cm a viac, k poklesu sumy a priemernej výšky snehovej pokrývky a k skracovaniu obdobia snehovej pokrývky. Výrazný, a na viacerých staniách aj štatisticky významný, je tiež posun posledného dňa so snehovou pokrývkou na skorší dátum. Na vyššie položených staniách v oblasti Tatier pozorujeme naopak rast počtu dní so snehovou pokrývkou 20 cm a viac, tomu zodpovedá aj rast sumy snehovej pokrývky a priemernej výšky so snehovou pokrývkou.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

CHROMOV, S.P. 1968. Meteorológia a klimatológia. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1968. 456 s.

KONČEK, M. 1957. Klimatické zmeny v histórii Zeme. Martin, Osveta, 31 s.

KONČEK, M., BRIEDOŇ, V. 1964 Sneh a snehová pokrývka na Slovensku. Bratislava Vydavateľstvo SAV. 1964, 76 s.

KŘÍSTEK, Š., URBANCOVÁ, N., HOLUŠA, J., TOMEČEK, P. 2011. Měření vlastností sněhové pokrývky v lese a mimo les. In lesnícky průvodce 2/2011 [online]. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2011. 75 s. ISBN 978-80-7417-044-7. [cit. 2018-08-24]. Dostupné na: <<https://lnk.sk/gS57>>

PETROVIČ, Š. 1952. Štatistické zhodnotenie storočných teplotných pozorovaní v Oravskom Podzámku. Meteorologické správy, 5, 3, 57 – 59.

ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š. 1988. Snehové pomery na Slovensku. Zborník prác SHMÚ, zv, 14/ III., Bratislava: Alfa, 1988. 128 s.

ŠAMAJ, F., BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., FAŠKO, P., KOŠTÁLOVÁ, J., VALOVIČ, Š. 1991. Variabilita charakteristik sněhových poměru v Karpatské části ČSFR v období 1920/21 – 1984/85. Zborník prác SHMÚ, zv. 34. SHMÚ Bratislava, 1991. 175 s. ISBN 80-900558-1-8

TRETIA NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY. MŽP SR. 2001. [online] Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, 2001. Str. 24. [cit.2018-08-24]. Dostupné na: <<https://lnk.sk/axMQ>>