

ANALÝZA A TRENDY POMERU VÝSKYTU TEKUTÝCH A TUHÝCH ZRÁŽOK V ZIMNOM OBDOBÍ NA ÚZEMÍ SLOVENSKA V OBDOBÍ ROKOV 1951-2010

Analysis and trends of ratio of liquid and solid precipitation and their occurrence during winter in Slovakia over the period 1951-2010

Martin Madara

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, martim.madara@shmu.sk

Anotácia

V posledných desaťročiach sa klíma mení oveľa rýchlejšie ako v minulosti, a to najmä vplyvom človeka a jeho neustálych zásahov do prírody. Tieto zmeny klímy je možné analyzovať vybranými prvkami, medzi ktoré patrí napr. teplota vzduchu, ale aj zrážky v zimnom období. Cieľom a úlohou príspevku je analýza štatistického spracovania pomeru tekutých a tuhých zrážok na území Slovenska v zimnom období (december – február) pre rôzne geografické polohy a nadmorskú výšku za posledných 60 rokov s poukázaním na trend ich vývoja.

Annotation

The climate changes much faster in last decades than in former times and it is caused by human and its intervention in nature. It is possible to analyse these climate changes by chosen elements such as air temperature and precipitation in winter. The aim of this paper is statistical processing analysis of liquid and solid precipitation ratio and its trends in different geographic locations and altitudes in Slovakia during winter (from December to February) in last 60 years.

Kľúčové slová

Zrážky, pomer tekutých zrážok z celkového množstva k tuhým zrážkam z celkového množstva, zimné obdobie

Key words

precipitation, liquid/solid precipitation ratio, winter time

Abstrakt

Cieľom príspevku bolo určenie pomeru tekutých zrážok z celkového množstva k tuhým zrážkam z celkového množstva na území Slovenska počas zimného obdobia v rokoch 1951-2010 pre rôzne geografické polohy a nadmorskú výšku. V danom príspevku je z hľadiska

skúmaného pomeru najskôr analyzovaných 6 klimatologických staníc za zimné obdobie, aj za jednotlivé zimné mesiace v rokoch 1951-2010. Ďalej je z hľadiska skúmaného pomeru analyzovaných 24 klimatologických staníc za zimné obdobie v rokoch 1981-2010. V záverečnej časti bol analyzovaný vplyv priemernej teploty počas zimného obdobia na pomer tekutých a tuhých zrážok z celkového množstva. Analýzou pomeru tekutých zrážok z celkového množstva k tuhým zrážkam z celkového množstva sa zistilo, že sa zmena daného pomeru týka všetkých polôh okrem tých najvyššie položených, kde patrí Chopok a Lomnický štít. Vo vyšších polohách, približne do 1000 m n. m., sa pomer tekutých zrážok z celkového množstva k tuhým zrážkam z celkového množstva vyrovnával, ale tuhé zrážky stále prevyšovali tekuté. V nížinách mali na konci sledovaného obdobia prevahu tekuté zrážky nad tuhými. Zmeny v pomere v prospech tekutých zrážok z celkového množstva k tuhým zrážkam z celkového množstva boli výraznejšie na západnom Slovensku, ako na východnom Slovensku, kde bol skúmaný pomer na konci obdobia taký, aký bol na západe v roku 1981.

Abstract

The aim of this paper was determination of liquid precipitation from precipitation totals/ solid precipitation from precipitation totals ratio for different geographic locations and altitudes in Slovakia during winter time over the period 1951-2010. In this paper are analysed 6 climatological stations in term of liquid/ solid precipitation ratio for whole winter time and single winter months in 1951-2010. Then 24 climatological stations are analysed in term of examined liquid/ solid precipitation ratio for winter time in 1981-2010. In final part is influence of average temperature during winter time on liquid/ solid precipitation ratio was analysed. By liquid precipitation from precipitation totals/ solid precipitation from precipitation totals ratio analysis it was determined that change of this ratio is in all locations except those highest, which are Chopok station and Lomnický štít station. In higher locations about up 1000 metres above sea level liquid precipitation from precipitation totals/ solid precipitation from precipitation totals ratio was equalling, but solid precipitation was above liquid precipitation. In lowlands liquid precipitation was above solid precipitation at the end of this monitored period. The changes in liquid precipitation from precipitation totals/ solid precipitation from precipitation totals ratio were more marked in Western Slovakia than in Eastern Slovakia, where examined ratio at the end of period was such as in Western Slovakia in 1981.

Definícia a rozdelenie zrážok

Atmosférické zrážky sú častice, ktoré vznikajú v dôsledku kondenzácie vodnej pary a kryštalizácie v ovzduší. Vyskytujú sa v pevnej alebo kvapalnej fáze v atmosfére, na povrchu zeme alebo na rôznych predmetoch v atmosfére. Atmosférické zrážky (ďalej len zrážky) patria medzi hlavné meteorologické prvky a merajú sa pravidelne a na celom území Slovenska [1]. Zrážky sa delia podľa skupenstva na [1, 2, 3]:

- **kvapalné** - dážď, mrznúci dážď, mrholenie, mrznúce mrholenie, rosa, hmla, dymno,
- **tuhé** - sneženie, snehové krúčky, snehové zrná, zmrznutý dážď, námrazové krúčky, krúpy, ľadové ihličky, zmrznutá hmla, zmrznutá rosa, osuheľ, inovat', námraza,
- **zmiešané** - dážď so snehom.

Metodika

Časové obdobie spracovania

Pri spracovaní meteorologických prvkov, medzi ktoré patrí napríklad teplota, smer vetra, deň s búrkou, ale tiež zrážky a mnohé ďalšie, sa používajú dlhé rady pozorovaní, aby sme vedeli čo najlepšie zhodnotiť, ako sa daný prvok vyvíja v čase, resp. aký má trend. V danej práci sme spracovali dlhé rady pozorovaní množstva spadnutých zrážok a druhu zrážok, ktoré sa denne zaznamenávajú na klimatologických a zrážkomerných staniach po celom Slovensku. Úhrn zrážok sa zaznamenáva do databázy a k dispozícii sú úhrny za 24 hodín. Pre väčšinu staníc sme mali k dispozícii obdobie rokov 1981-2010 pre mesiace december, január a február. Údaje boli z uvedených troch mesiacov z dôvodu, že uvedená práca hodnotí len zimné obdobie jednotlivých rokov (Tab. 1).

Tab. 1 Abecedný zoznam použitých staníc s indikatívom stanice, časovým obdobím a nadmorskou výškou

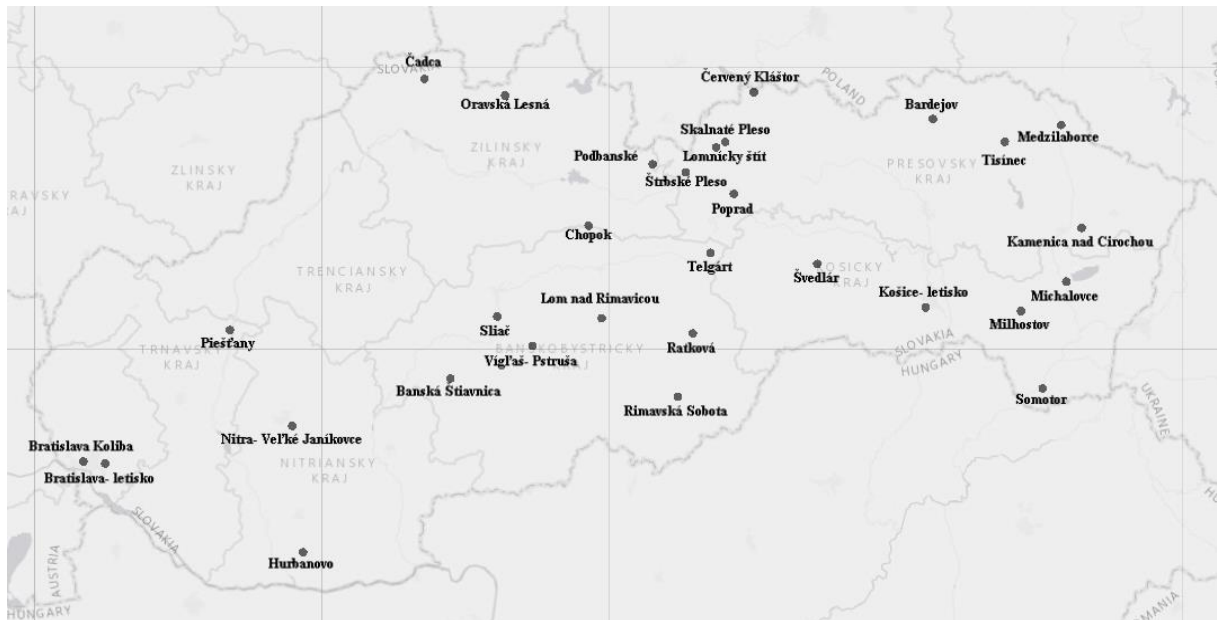
Poradové číslo	Názov stanice	Indikatív	Zimné obdobia od začiatku decembra do konca februára pre obdobie rokov	Nadmorská výška (m n. m.)
1.	Banská Štiavnica	40260	1.12.1981-28.2.2011	575
2.	Bardejov	49120	1.12.1981-28.2.2011	305
3.	Bratislava-Koliba	17140	1.12.1981-28.2.2011	286

4.	Bratislava-Letisko	17320	1.12.1981-28.2.2011	131
5.	Čadca	25120	1.12.1981-28.2.2011	423
6.	Červený Kláštor	11120	1.12.1981-28.2.2011	465
7.	Hurbanovo	19040	1.12.1951-28.2.2011	115
8.	Chopok	21080	1.12.1958-28.2.2011	2008
9.	Kamenica nad Cirochou	43400	1.12.1951-28.2.2011	176
10.	Košice-Letisko	60120	1.12.1981-28.2.2011	230
11.	Lom nad Rimavicou	54120	1.12.1981-28.2.2011	1018
12.	Lomnický štít	12100	1.12.1951-28.2.2011	2635
13.	Medzilaborce	43060	1.12.1981-28.2.2011	308
14.	Michalovce	46200	1.12.1981-28.2.2011	111
15.	Milhostov	50080	1.12.1981-28.2.2011	105
16.	Nitra-Veľké Janíkovce	31320	1.12.1982-28.2.2011	135
17.	Oravská Lesná	22020	1.12.1951-28.2.2011	780
18.	Piešťany	28200	1.12.1981-28.2.2011	165
19.	Podbanské	20220	1.12.1981-28.2.2011	972
20.	Poprad	12040	1.12.1981-28.2.2011	695
21.	Ratková	53220	1.12.1981-28.2.2011	287
22.	Rimavská Sobota	54200	1.12.1981-28.2.2011	215
23.	Skalnaté Pleso	12120	1.12.1963-28.2.2011	1783
24.	Sliac	34340	1.12.1951-28.2.2011	313
25.	Somotor	51060	1.12.1981-28.2.2011	100
26.	Štrbské Pleso	20080	1.12.1951-28.2.2011	1354
27.	Švedlár	57120	1.12.1981-28.2.2011	475
28.	Telgárt	33020	1.12.1981-28.2.2011	901
29.	Tisinec	48120	1.12.1981-28.2.2011	216
30.	Víglaš-Pstruša	35140	1.12.1981-28.2.2011	368

Výber staníc

V danej práci sme spracovali údaje z 30 klimatologických staníc, ktoré patria do západného, stredného aj východného Slovenska. Boli vybrané tie stanice, ktoré majú dostatočne dlhý rad pozorovaní a nemali žiadne prerušenia v pozorovaniach. Zoznam všetkých staníc, ktoré sú spracované v práci, je uvedený v tabuľke č. 1.

Zo západného Slovenska sme spracovali 5 klimatologických staníc, zo stredného Slovenska 11 klimatologických staníc a z východného Slovenska 14 klimatologických staníc. Použili sme ich rozčlenenie na polohy do 300 m n. m. - nížiny, polohy od 301 - 800 m n. m., polohy od 801 - 1500 m n. m. a polohy od 1501 m n. m. a viac. Geografické rozmiestnenie vybraných 30 klimatologických staníc zobrazuje obr. 1.



Obr. 1 Mapa s 30 vybranými klimatologickými stanicami

Metodika spracovania poskytnutých údajov

Pri údajoch o druhu zrážok sme pri spracovaní urobili niekoľko zjednodušení, aby bolo možné dané údaje spracovať. Údaje sme si rozdelili do 3 skupín. Prvú skupinu predstavovali zmiešané zrážky, do ktorých patria kódy: 1, 3, 4. Dôvod bol ten, že počas dní, keď sa menili zrážky z tuhých na kvapalné alebo z kvapalných na tuhé, nebolo možné presne určiť, koľko zrážok a akého druhu spadlo. Druhú skupinu tvorili tekuté zrážky, kde sme zaradili kódy: 2, 5,

6, 8. Tretiu skupinu predstavovali tuhé zrážky, ktoré sú označené kódom 7, ako je to uvedené v tab. 2.

Tab. 2 Druh zrážok a jeho označenie číslom v databáze SHMÚ

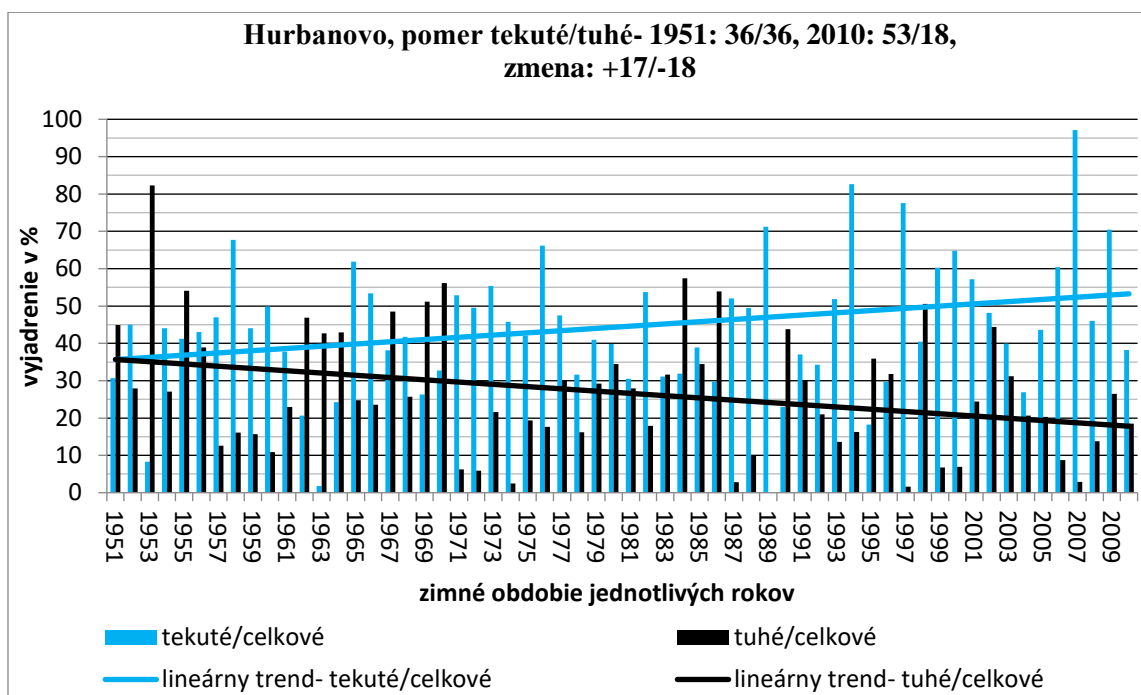
DRUH ZRÁŽOK	
<i>Od 07 hod do 07 hod</i>	
kód	Popis
	Žiadne
0	bez padajúcich zrážok, usadené zrážky
1	zmiešané zrážky (súčasne alebo v akom. poradí)
2	mrznúce zrážky tekuté
3	prechod od tuhých k tekutým zrážkam
4	prechod od tekutých k tuhým zrážkam
5	len mrholenie
6	len dažď
7	len tuhé zrážky /okrem krúpy/
8	mrholenie s dažďom, súčasne alebo stried.
9	krúpy alebo krúpy s dažďom

Spracovanie a analýza výsledkov

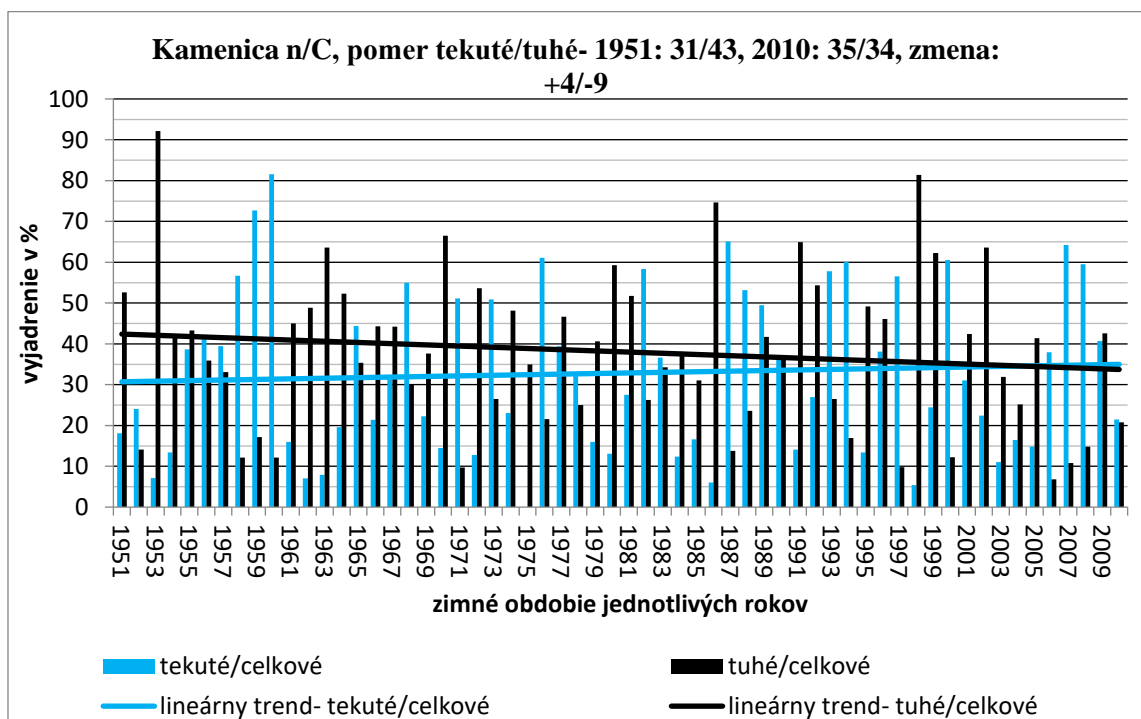
Pomer tekutých a tuhých zrážok z celkového množstva zrážok za obdobie rokov 1951 - 2010 v nižších polohách

Pri spracovaní pomeru tekutých a tuhých zrážok sme vybrali klimatologické stanice, ktoré mali k dispozícii 60-ročný rad pozorovaní: zo západného Slovenska to bola klimatologická stanica Hurbanovo a z východného Slovenska Kamenica nad Cirochou. Spracovanie pre dané klimatologické stanice sme urobili pre celé zimné obdobie od začiatku decembra do konca februára za obdobie 1951 - 2010.

Na obr. 2 je zobrazený pomer tekutých zrážok k celkovému úhrnu zrážok za jednotlivé zimné obdobia a z daných údajov je stanovený trend, aký má daný pomer. Ďalej je tu zobrazený pomer tuhých zrážok k celkovému úhrnu zrážok a je stanovený trend pomocou lineárnej regresie. V hornej časti obrázka je popis, ktorý vyjadruje aký bol pomer tekutých a tuhých zrážok na začiatku obdobia pomocou lineárnej regresie v roku 1951 a na konci skúmaného obdobia v roku 2010.



Obr. 2 Pomer tekutých a tuhých zrážok z celkového množstva zrážok za zimné obdobia v období rokov 1951 - 2010 pre klimatologickú stanicu Hurbanovo



Obr. 3 Pomer tekutých a tuhých zrážok z celkového množstva zrážok za zimné obdobie v období 1951 - 2010 pre klimatologickú stanicu Kamenica na Cirochou

Na klimatologickej stanici Hurbanovo sme zistili pomocou lineárnej regresie, že za uvedené obdobie sa zvýšil pomer tekutých zrážok o 17 %, a naopak, u tuhých zrážok došlo k poklesu o 18 % v období 1951 - 2010. Tekuté zrážky tu predstavovali v priemere 44 % z celkových zrážok a tuhé zrážky tvorili v zimnom období v priemere 27 % z celkových zrážok v sledovanom období.

Klimatologická stanica Kamenica nad Cirochou má na začiatku obdobia v roku 1951 pomer tekutých a tuhých zrážok 31 % ku 43 %, a na konci obdobia 2010 je pomer 35 % ku 34 % a zmena za 60 rokov je v prípade tekutých zrážok nárast o 4 %, a v prípade tuhých zrážok je pokles o 9 %. Tu predstavovali tekuté zrážky z celkového množstva zrážok v sledovanom období v priemere 33 % a tuhé zrážky 38 %.

Tab. 3 Porovnanie pomeru tekuté/tuhé zrážky pre 2 klimatologické stanice z nižších polôh v rokoch 1951 a 2010 za zimné obdobie

P.č.	Názov stanice	Pomer tekuté z celkových zrážok/ tuhé z celkových zrážok (v %) 1951	Pomer Tekuté zrážky: tuhé zrážky 1951	Pomer tekuté z celkových zrážok/ tuhé z celkových zrážok (v %) 2010	Pomer Tekuté zrážky: tuhé zrážky 2010
1.	Hurbanovo	36 : 36	1 : 1	53 : 18	2,9 : 1
2.	Kamenica n/ Cirochou	31 : 43	1 : 1,4	35 : 34	1 : 1

V tab. 3 sú zhrnuté výsledky pomeru tekutých zrážok z celkového množstva k tuhým zrážkam z celkového množstva pre 2 klimatologické stanice, pri ktorých sme mali k dispozícii obdobie rokov 1951 - 2010. Ako môžeme vidieť, tak pri stanici Hurbanovo bol vyrovnaný pomer na začiatku obdobia a na konci bolo takmer 3-krát viac tekutých ako tuhých zrážok. Pri

stanici Kamenica nad Cirochou na začiatku obdobia bol pomer v prospech tuhých zrážok a na konci obdobia sa pomer vyrovnal medzi tekutými a tuhými zrážkami.

Pomer tekutých a tuhých zrážok z celkového množstva zrážok za obdobie 1951 - 2010 vo vyšších polohách

Pri spracovaní pomeru tekutých a tuhých zrážok sme vybrali 3 stanice, ktoré mali k dispozícii 60-ročný rad pozorovaní. Z polôh od 301 m n. m. do 800 m n. m. sme spracovali údaje z klimatologickej stanice Oravská Lesná (780 m n. m.), ktorá sa nachádza na strednom Slovensku, z polôh od 801 m n. m. do 1500 m n. m. sme spracovali údaje z klimatologickej stanice Štrbské Pleso (1354 m n. m.) a tretia spracovaná stanica sa nachádza v polohách od 1501 m n. m. a viac, ide o najvyššie položenú stanicu na Slovensku – Lomnický štít (2635 m n. m.), obe stanice sú na východnom Slovensku.

Tab. 4 Porovnanie pomeru tekuté/tuhé zrážky pre 3 klimatologické stanice z vyšších polôh v rokoch 1951 a 2010 pre zimné obdobie

P.č.	Názov stanice	Pomer tekuté z celkových zrážok/ tuhé z celkových zrážok (v %)	Pomer Tekuté zrážky: tuhé zrážky 1951	Pomer tekuté z celkových zrážok/ tuhé z celkových zrážok (v %)	Pomer Tekuté zrážky: tuhé zrážky 2010
		1951		2010	
1.	Oravská Lesná	7 : 64	1 : 9,1	19 : 53	1 : 2,8
2.	Štrbské Pleso	3 : 90	1 : 30	4 : 71	1 : 17,8
3.	Lomnický štít	0 : 100	0 : 1	0 : 99	0 : 1

Ako môžeme vidieť, tak pri staniach Oravská Lesná a Štrbské Pleso nastala zmena pomeru, kým na stanici Lomnický štít nenastala žiadna zmena. Pri Oravskej Lesnej a Štrbskom Plese sa zmenšil pomer medzi tekutými a tuhým zrážkami.

Pomer tekutých a tuhých zrážok z celkového množstva zrážok za obdobie 1981 - 2010 pre 24 klimatologických staníc

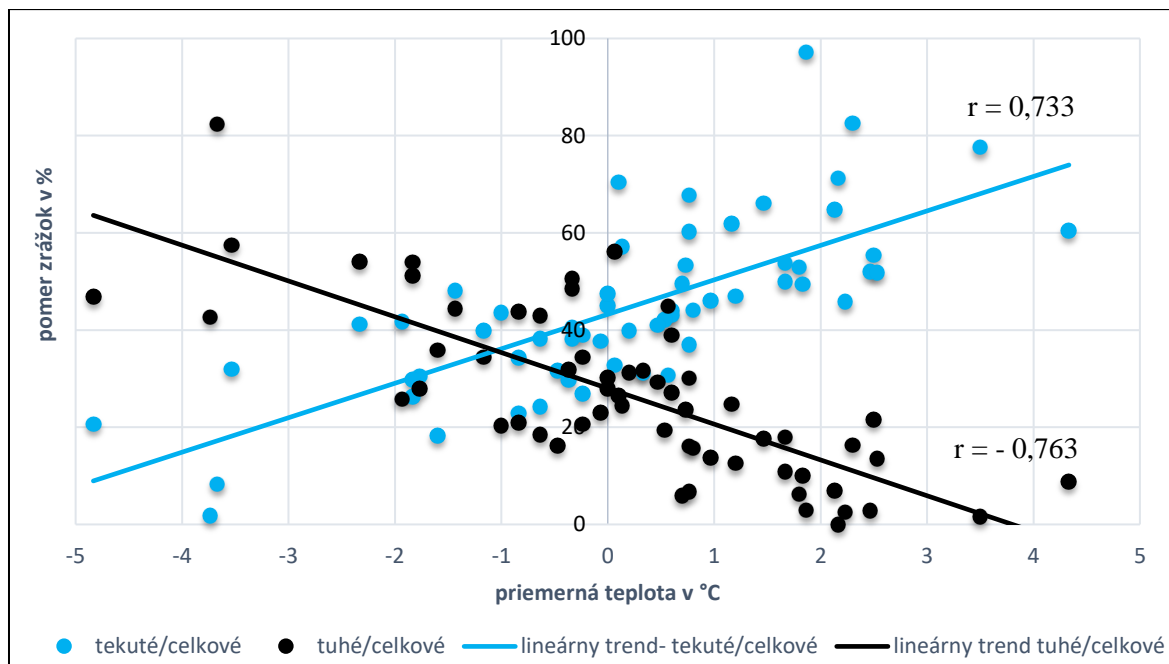
Tab. 5 Porovnanie pomeru tekuté/tuhé zrážky pre 24 klimatologických staníc v rokoch 1981 a 2010 za zimné obdobie

P. č.	Názov stanice	Pomer tekuté z celkových zrážok/ tuhé z celkových zrážok (v %)	Pomer Tekuté zrážky: tuhé zrážky	Pomer tekuté z celkových zrážok/ tuhé z celkových zrážok (v %)	Pomer Tekuté zrážky: tuhé zrážky
		1981	1981	2010	2010
1.	Bratislava-Koliba	26 : 40	1 : 1,5	45 : 24	1,9 : 1
2.	Bratislava-Letisko	39 : 22	1,8 : 1	50 : 17	2,9 : 1
3.	Nitra-Veľké Janíkovce	41 : 30	1,4 : 1	54 : 14	3,9 : 1
4.	Piešťany	39 : 25	1,6 : 1	56 : 19	2,9 : 1
5.	Ratková	24 : 64	1 : 2,7	48 : 28	1,7 : 1
6.	Rimavská Sobota	35 : 39	1 : 1,1	48 : 17	2,8 : 1
7.	Košice-Letisko	27 : 39	1 : 1,4	38 : 35	1,1 : 1
8.	Michalovce	37 : 47	1 : 1,3	52 : 28	1,9 : 1
9.	Milhostov	35 : 42	1 : 1,2	49 : 28	1,8 : 1
10.	Somotor	45 : 47	1 : 1	43 : 32	1,3 : 1
11.	Tisinec	23 : 49	1 : 2,1	31 : 42	1 : 1,4
12.	Banská Štiavnica	15 : 49	1 : 3,3	42 : 36	1,2 : 1
13.	Čadca	19 : 30	1 : 1,6	30 : 44	1 : 1,5
14.	Víglaš-Pstruša	29 : 48	1 : 1,7	44 : 29	1,5 : 1
15.	Bardejov	17 : 61	1 : 3,6	29 : 44	1 : 1,5
16.	Červený Kláštor	13 : 62	1 : 4,8	25 : 58	1 : 2,3
17.	Medzilaborce	17 : 44	1 : 2,6	31 : 41	1 : 1,3

18.	Poprad	7 : 62	1 : 8,9	30 : 40	1 : 1,3
19.	Švedlár	17 : 58	1 : 3,4	38 : 38	1 : 1
20.	Lom nad Rimavicou	4 : 80	1 : 20	31 : 53	1 : 1,7
21.	Podbanské	9 : 72	1 : 8	17 : 52	1 : 3,1
22.	Telgárt	9 : 71	1 : 7,9	20 : 46	1 : 2,3
23.	Chopok	0 : 95	0 : 1	1 : 93	1 : 93
24.	Skalnaté Pleso	2 : 87	1 : 43,5	1 : 75	1 : 75

Analýza vplyvu priemernej teploty na pomer tekutých a tuhých zrážok k celkovému množstvu zrážok

Pomocou korelačnej analýzy sme zisťovali, aká je závislosť medzi priemernou teplotou a tekutými/tuhými zrážkami. Najskôr sme zostavili bodový graf - graf závislosti XY, kde X - nezávisle premenná je priemerná teplota a Y - závisle premenná; v tomto prípade sme mali 2 závislé premenné, a to pomer tekutých zrážok k celkovému množstvu a pomer tuhých zrážok k celkovému množstvu zrážok, čo je uvedené na obr. 4.



Obr. 4 Vplyv priemernej teploty na pomer tekutých/tuhých zrážok z celkového množstva zrážok za zimné obdobie v rokoch 1951 - 2010 na stanici Hurbanovo

Z bodového grafu vyplýva, že s rastom priemernej teploty klesá pomer tuhých zrážok k celkovému množstvu zrážok a rastie pomer tekutých zrážok k celkovému množstvu. Pre výpočet miery závislosti medzi týmito premennými sme použili Pearsonov korelačný koeficient, pretože z obr. 4 možno konštatovať, že medzi premennými pravdepodobne existuje lineárna závislosť. Pearsonov korelačný koeficient (r) nadobúda hodnoty z intervalu $(-1,1)$, ak r v absolútnom vyjadrení nadobúda hodnoty $< 0,3$ – ide o veľmi slabú závislosť; $0,3$ až $0,5$ slabá závislosť; $0,5$ až $0,7$ výrazná závislosť; $0,7$ až $0,9$ vysoká závislosť a $0,9$ až 1 veľmi vysoká závislosť. Na základe výpočtu Pearsonovho korelačného koeficientu (predpokladá sa lineárna závislosť medzi danými premennými) sme zistili, že medzi vývojom priemernej teploty a zmenou pomeru tekutých zrážok k celkovému množstvu ($r=0,733$) či zmenou pomeru tuhých zrážok ($-0,763$) existuje vysoká závislosť.

Záver

Cieľom práce bolo štatistické zhodnotenie pomeru tekutých zrážok z celkového množstva k tuhým zrážkam z celkového množstva počas zimného obdobia s poukázaním na klimatickú zmenu. Po analýze sme zistili, že zmena daného pomeru sa týka všetkých polôh okrem tých najvyššie položených, kde patrí Chopok a Lomnický štít. Už aj pri Štrbskom Plese a Skalnatom Plese, sme zistili pomocou absolútneho vyjadrenia, že v danej nadmorskej výške ešte nepribúdajú tekuté zrážky, ale tuhé zrážky tu ubúdajú. Z ostatných staníc vyplýva, že od nížin až do polôh okolo 1000 m n. m. sa udiala v skúmanom pomere zmena a v absolútnom vyjadrení tu tekuté zrážky pribúdajú a tuhé ubúdajú. Navyše, pri spomínanom pomere sme zistili, že sa znižuje v daných polohách množstvo tuhých zrážok a postupne sa vyrovnávajú tekutým. Na západnom Slovensku je situácia taká, že tu sa vyskytujú vo výrazne väčšej miere tekuté zrážky, ale na východnom Slovensku je tento proces pomalší.

Zoznam použitej literatúry

[1]BEDNÁŘ, J. et al. 1993. *Meteorologický slovník výkladový terminologický*. Praha: Academia, 1993. 594 s.

[2] ŠTASTNÝ, P. 2002. *Návod pre dobrovoľných pozorovateľov zrážkomerných staníc*. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2002. ISBN 80-88907-32-2. 44 s.

[3] KOPÁČEK, J., BEDNÁŘ, J. 2005. *Jak vzniká počasí*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2005. ISBN 80-246-1002-7. 226 s.