

VÝSKYT PRÍZEMNÝCH MRAZOV NA SLOVENSKU V PRECHODNÝCH ROČNÝCH OBDOBIACH

Bc. Martin Madara

Školiteľ: Mgr. Pavol Zaujec

Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie, FMFI UK, Mlynská dolina,
842 48 Bratislava

Anotácia

Názov školy: Univerzita Komenského v Bratislave

Názov fakulty: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Študijný program: Meteorológia a klimatológia

Meno autora: Bc. Martin Madara

Vedúci práce: Mgr. Pavol Zaujec

V tejto práci je zhodnotený prízemný mráz na Slovensku v prechodných ročných obdobiach na jar a na jeseň. Sú tu použité viaceré postupy na zhodnotenie výskytu prízemných mrazov, resp. mražíkov. Prvá kapitola je zameraná na metodiku spracovania, druhá obsahuje teóriu ochladzovania zemského povrchu. 3. kapitola je zameraná na klasifikáciu, faktory a negatívne dôsledky prízemných mrazov. V 4. kapitole je štatisticky spracovaných 23 staníc.

Kľúčové slová: mráz, prízemný mráz, minimálna prízemná teplota, minimálna teplota v 2 m, prechodné ročné obdobia.

Annotation

Name of school: Comenius University in Bratislava

Name of faculty: Faculty of mathematics, physics and informatics

Study program: Meteorology and Climatology

Author's name: Bc. Martin Madara

Supervisor of work: Mgr. Pavol Zaujec

In this work ground frost in Slovakia during spring and autumn is considered. Here are used several procedures for valuation of ground frost occurrence. The first chapter is focused on processing methodology, the second chapter contains theory of land surface cooling. The third

chapter is focused on classification, factors and negative consequences of ground frosts. In the fourth chapter there are statistically processed 23 stations.

Key words: frost, ground frost, minimal ground temperature, minimal temperature in two meters' height above Earth's surface, transitional seasons.

Úvod

Z viacerých nebezpečných javov v počasí, ktoré sa vyskytujú aj na území Slovenska sú mrazy. Mrazy, hlavne v jarných mesiacoch, sú pôvodcami veľkých škôd. Z toho hľadiska je potrebné zisťovať, aké sú príčiny príchodu mrazov pre danú lokalitu počas vegetačného obdobia, aby sa dalo zabráňovať poškodeniu mrazom.

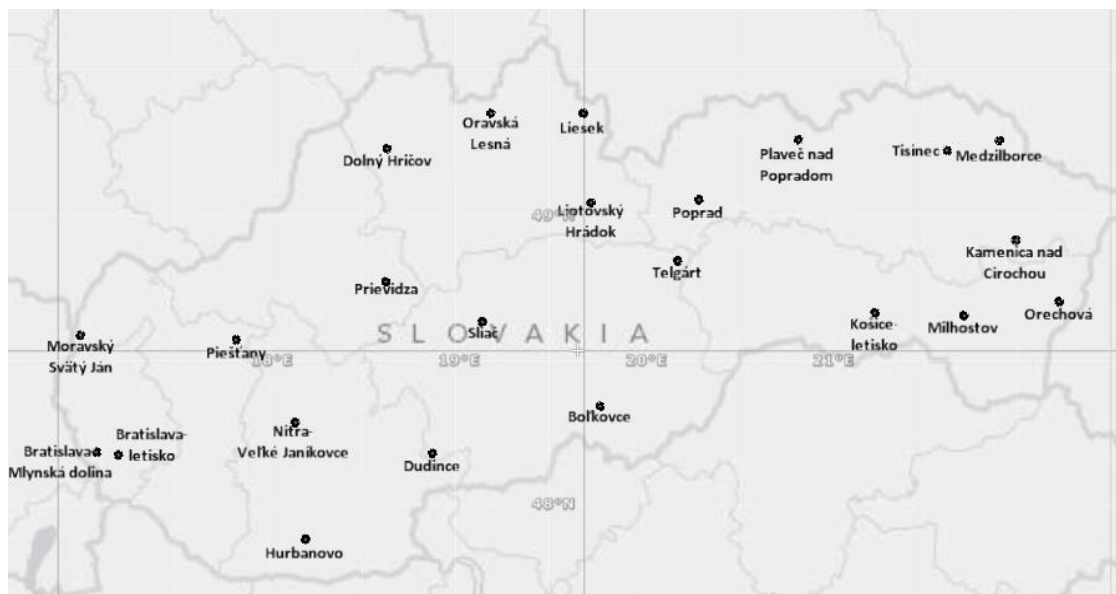
Medzi nebezpečný jav patrí aj prízemný mráz, a preto je dôležité sledovať aj prízemnú teplotu. Prízemný mráz dokáže, hlavne pri dlhšom časovom trvaní, veľmi poškodiť úrodu, preto je dôležité predpovedať a merať teplotu aj v prízemnej vrstve nad povrchom, a to najmä v prechodných ročných obdobiach na jar a na jeseň, aby sa predchádzalo škodám.

Cieľom tejto práce je predovšetkým štatistické zhodnotenie výskytu prízemných mrazov na Slovensku v prechodných ročných obdobiach, na jar a na jeseň. Dôvodom spracovania tejto témy je skutočnosť, že prízemné mrazy sú, najmä v jarnom období, nežiaduce, a sú zdrojom veľkých škôd na poľnohospodárskych kultúrach. V posledných rokoch dochádza k veľmi rýchlemu nástupu rozvoja vegetácie, a najmä kvôli tomu sa ešte zväčšujú škody spôsobené prízemným mrazom.

1 Metodika práce a metódy skúmania

Pri výbere časového obdobia platí na základe empirických skúseností, že pre spracovanie teplotných charakteristík sa používajú 30 až 50-ročné obdobia.

Do tejto práce bolo vybraných 23 klimatologických staníc. Všetky spracované klimatologické stanice sú zobrazené na Obr. 1.



Obr. 1 Vybrané klimatologické stanice (23)

Všetky pozorovania zo staníc, ktoré boli spracované v tejto práci, boli poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ) a klimatologické stanice boli vybrané pracovníkmi SHMÚ. Zoznam použitých klimatologických staníc je v tabuľke 1.

Por. číslo	Pozorovacia Stanica	Severná zemepisná šírka			Východná zemepisná dĺžka			Nadmorská výška (m)	Obdobie
1.	Boľkovce	48°	20'	20''	19°	44'	11''	214	81-2010
2.	Bratislava - letisko	48°	10'	18''	17°	12'	00''	133	81-2010
3.	Bratislava - Mlynská dolina	48°	09'	08''	17°	04'	13''	182	82-2010
4.	Dolný Hričov	49°	13'	55''	18°	37'	04''	309	81-2010
5.	Dudince	48°	10'	09''	18°	52'	34''	139	81-2010
6.	Hurbanovo	47°	52'	24''	18°	11'	40''	115	81-2010
7.	Kamenica nad Cirochou	48°	56'	20''	22°	00'	22''	176	81-2010
8.	Košice - letisko	48°	40'	20''	21°	13'	21''	230	81-2010
9.	Liesek	49°	22'	10''	19°	40'	46''	692	87-2010
10.	Liptovský Hrádok	49°	02'	21''	19°	43'	31''	640	81-2010
11.	Medzilaborce	49°	15'	12''	21°	54'	50''	305	81-2010
12.	Milhostov	48°	39'	47''	21°	43'	26''	105	81-2010
13.	Moravský Svätý Ján	48°	34'	54''	16°	59'	43''	155	97-2010
14.	Nitra-Veľké Janíkovce	48°	16'	50''	18°	08'	08''	135	82-2010
15.	Oravská Lesná	49°	22'	06''	19°	10'	59''	780	01.07.87-2010
16.	Orechová	48°	42'	19''	22°	13'	31''	122	81-2010
17.	Piešťany	48°	36'	47''	17°	49'	58''	163	81-2010
18.	Plaveč nad Popradom	49°	15'	35''	20°	50'	45''	485	81-2010
19.	Poprad	49°	04'	08''	20°	14'	44''	694	81-2010
20.	Prievidza	48°	46'	11''	18°	35'	38''	260	81-2010
21.	Sliac	48°	38'	33''	19°	08'	31''	313	81-2010
22.	Telgárt	48°	50'	55''	20°	11'	21''	901	81-2010
23.	Tisinec	49°	12'	56''	21°	39'	00''	216	81-2010

Tab. 1 Zoznam použitých staníc v abecednom poradí, zemepisná poloha staníc, nadmorská výška staníc, obdobie, pri ktorom sú údaje o prízemnej minimálnej teplote

1.1 Metodika merania prízemnej minimálnej teploty

Minimálna prízemná teplota je minimálna teplota meraná vo výške 5 cm nad povrchom. Meranie prízemnej minimálnej teploty sa vykonáva pomocou teplomera. Tento teplomer sa každý večer nastaví o 21.00 hod. a umiestni sa do stojana vo vodorovnej polohe vo výške 5 cm nad daným povrchom. Každé ráno o 7.00 hod. sa odčíta hodnota a teplomer je uložený do meteorologickej búdky, aby nedošlo k poškodeniu teplomera, ktoré by mohlo spôsobiť priame slnečné žiarenie (László, 1988).

2 Teória ochladzovania zemského povrchu

2.1 Vyžarovanie zeme a Stefan – Boltzmannov zákon pre reálne povrchy

Pre potreby teoretického štúdia spojitého žiarenia tepelného pôvodu bol zavedený pojem absolútne čierneho telesa. Absolútne čierne teleso je hypotetický model telesa, ktoré je schopné vyžiariť a pohltiť energiu žiarenia všetkých vlnových dĺžok a jeho žiarenie je vyjadrené pomocou **Stefan – Boltzmannovho zákona**:

$$E = \sigma T^4, \quad (1)$$

kde

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$, σ je konštanta,

T je teplota povrchu absolútne čierneho telesa (K).

Reálne vyžarovanie Zeme E_l je žiarenie, ktoré uniká z povrchu Zeme. Pre rôzne povrchy použijeme Stefan – Boltzmannov zákon pre reálne povrchy, ktorý má tvar:

$$E_l = \varepsilon \sigma T^4, \quad (2)$$

kde

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$,

ε je relatívna vyžarovací schopnosť, v porovnaní s absolútne čiernym telesom, ε je bezrozmerné číslo, a ε patrí do intervalu - $0 < \varepsilon < 1$,

T je teplota povrchu absolútne čierneho telesa (K).

V tabuľke č. 2 máme relatívnu vyžarovaciu schopnosť pre rôzne druhy povrchov

Druh povrchu	Relatívna vyžarovacia schopnosť ε
Černoziem	0,87
Piesok	0,90
Štrk	0,92
Voda	0,95
Les	0,96
Trávník	0,98
Čerstvý sneh	0,99

Tab. 2 Relatívna vyžarovacia schopnosť ε pre rôzne druhy povrchu (Zdroj: Havlíček, 1986)

2.2 Ochladzovanie zemského povrchu

Zemský povrch počas noci stráca teplo efektívnym vyžarovaním E^* a je chladnejší ako vrstvy pôdy nachádzajúce sa pod ním a je chladnejší ako vzduch nachádzajúci sa bezprostredne nad ním. Preto prúdi teplo P z hlbších vrstiev pôdy smerom k povrchu, a taktiež sa dostáva teplo V z príľahlejších vrstiev vzduchu smerom k zemskému povrchu. Počas noci dochádza ku kondenzácii vodnej pary na povrchu a vzniká rosa alebo iné kondenzačné produkty, a pri tom sa uvoľňuje latentné teplo L , ktoré taktiež dodáva teplo zemskému povrchu. Pre tepelnú bilanciu B_n povrchu počas noci platí:

$$B_n = -E^* + P + V + L, \quad (3)$$

kde

B_n - tepelná bilancia počas noci (W/m^2),

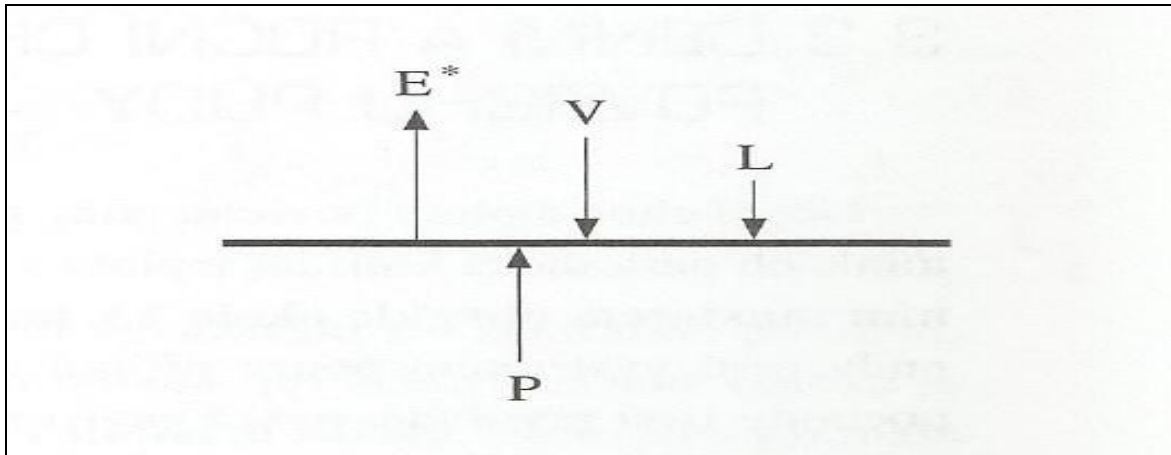
E^* - efektívne vyžarovanie (W/m^2),

P - teplo z hlbších vrstiev pôdy (W/m^2),

V - teplo z príľahlejších vrstiev vzduchu (W/m^2),

L - latentné teplo (W/m^2).

Táto tepelná bilancia zemského povrchu je na obrázku 2.



Obr. 2 Schéma tepelnej bilancie zemského povrchu v noci (Zdroj: Kopáček, 2005)

3 Klasifikácia prízemných mrazov

3.1 Delenie prízemných mrazov podľa vzniku:

Rozlišujeme 3 typy prízemných mrazov. Nasledujúce delenie je spojené s tým, ako prízemné mrazy vznikajú (Munzar, 1989):

1. *Radiačný mráz*

Vzniká vplyvom vyžarovania tepla zo zemského povrchu, hlavne za bezoblačných nocí, keď je vyžarovanie najväčšie. Tieto mrazy sú závislé od okolitého terénu, pretože nižšie položené miesta sú napádané mrazíkmi oveľa častejšie ako vyvýšené plochy, pretože tu steká studený vzduch z vyššie položených hladín a početnosť mrazíkov je tu podstatne väčšia.

Prízemné radiačné mrazy rozdeľujeme podľa toho, čo podmieňuje najviac ich vznik a intenzitu na danom území. Najdôležitejšie faktory, ktoré podmieňujú vznik a intenzitu mrazíkov sú: 1. Oblačnosť, 2. Rýchlosť vetra, 3. Reliéf krajiny 4. Tepelná vodivosť pôdy.

2. *Advekčný mráz*

Vznik advekčných mrazov je spojený s vpadom studeného vzduchu, predovšetkým arktického pôvodu. Pri tomto type mrazu vzniká nielen prízemný mráz, resp. mrazík, ale aj mráz vo výške 2 metrov. To znamená, že rozdiel medzi teplotou v prízemnej vrstve a vo výške 2 metrov nad zemským povrchom je pomerne malý. Zároveň takýto mráz zasahuje oveľa väčšiu časť, teda väčšie územie ako pri mraze, ktorý vzniká radiačným ochladzovaním pôdy. Tieto mrazy sa vyskytujú takmer celoplošne v celej krajine a nie sú tak veľmi závislé na reliéfe krajiny.

3. *Advekčno-radiačné mrazy*

Sú kombináciou oboch predchádzajúcich metód.

3.3 Negatívne dôsledky prízemných mrazov

Pre rastliny sú škodlivé také mrazíky, pri ktorých klesne teplota pod určitú úroveň, ktorá je rozdielna pre rôzne druhy rastlín a ich vývojové stupne. Orientačné hodnoty takýchto teplôt pre rôzne druhy úžitkových stromov sú uvedené v tabuľke č. 3.

Druh stromu	Puky zatvorené, ale už zafarbené	Kvety plne rozkvitnuté	Malé zelené plody
Jabloň	-3,9	-2,2	-1,7
Broskyňa	-3,9	-2,8	-1,1
Čerešňa	-2,2	-2,2	-1,1
Hruška	-3,9	-2,2	-1,0
Slivka	-3,9	-2,2	-1,0
Marhuľa	-3,9	-2,2	-0,6
Vlašský orech	-1,1	-1,1	-1,1

Tab. 3 Teploty znehodnotenia pukov, kvetov a plodov ovocných stromov [°C]

4 Analýza výsledkov spracovania

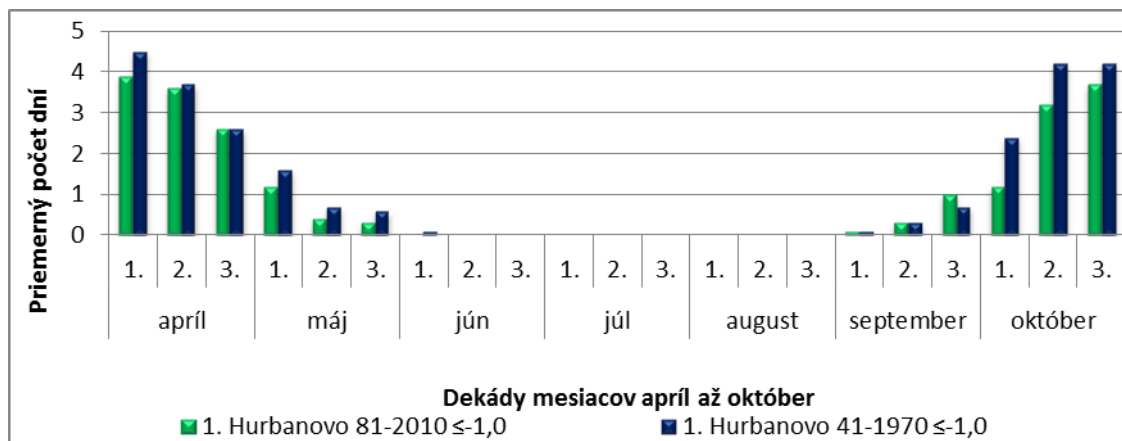
4.1 Priemerný počet dní s prízemným mrazom od apríla do októbra za obdobie rokov 1981 – 2010 a porovnanie s obdobím rokov 1941 – 1970 pre stanicu Hurbanovo

Pri tejto charakteristike sme porovnávali 30-ročné obdobia. Porovnanie 30-ročných období bolo možné uskutočniť iba pri stanici Hurbanovo, pretože táto pozorovacia stanica má najdlhší rad pozorovaní z celého Slovenska. Meria sa tu nepretržite od konca 19. storočia, takže tu existujú charakteristiky spracované pre obdobie rokov 1941 – 1970. Je potrebné tu ešte uviesť dôvod, prečo je spracovaná charakteristika pre prízemný mráz za obdobie rokov 1981 – 2010, ktorá začína až od -1,0 °C. Dôvod je ten, že charakteristiku pre roky 1981 – 2010 sme urobili presne podľa vzoru z rokov 1941 – 1970, kde bola aj teplota 0,0 °C, ale tá nie je mrazovou teplotou, preto sme radšej zvolili interval od -1,0 °C a nižšie, pretože takýto rad bol spracovaný aj pre obdobie rokov 1941 – 1970, a tu máme istotu, že sa jedná o mráz.

Z grafu 1 je zrejmé, že priemerný počet dní s prízemnou teplotou $\leq -1,0$ °C za 30-ročné obdobie pri väčšine dekád klesá. Výnimku tvorí iba 3. dekáda mesiaca september, kde stúpla početnosť mrazu z hodnoty 0,7 dňa za dekádu na 1,0 dňa. Na grafe 1 je taktiež vidieť, že sa vyskytujú aj dekády, ktoré majú rovnaký priemerný počet dní s prízemným mrazom. Medzi

tieto dekády patrí 3. dekáda mesiaca apríl, kde je početnosť v oboch prípadoch 2,6 dňa a v 1. a 2. dekáde mesiaca september. V 1. dekáde je početnosť 0,1 dňa z 10 dní a v 2. dekáde 0,3 dňa.

Z toho sa dá usudzovať, že celková početnosť mrazov na stanici Hurbanovo je menšia v období 1981 – 2010 ako tomu bolo v rokoch 1941 – 1970.

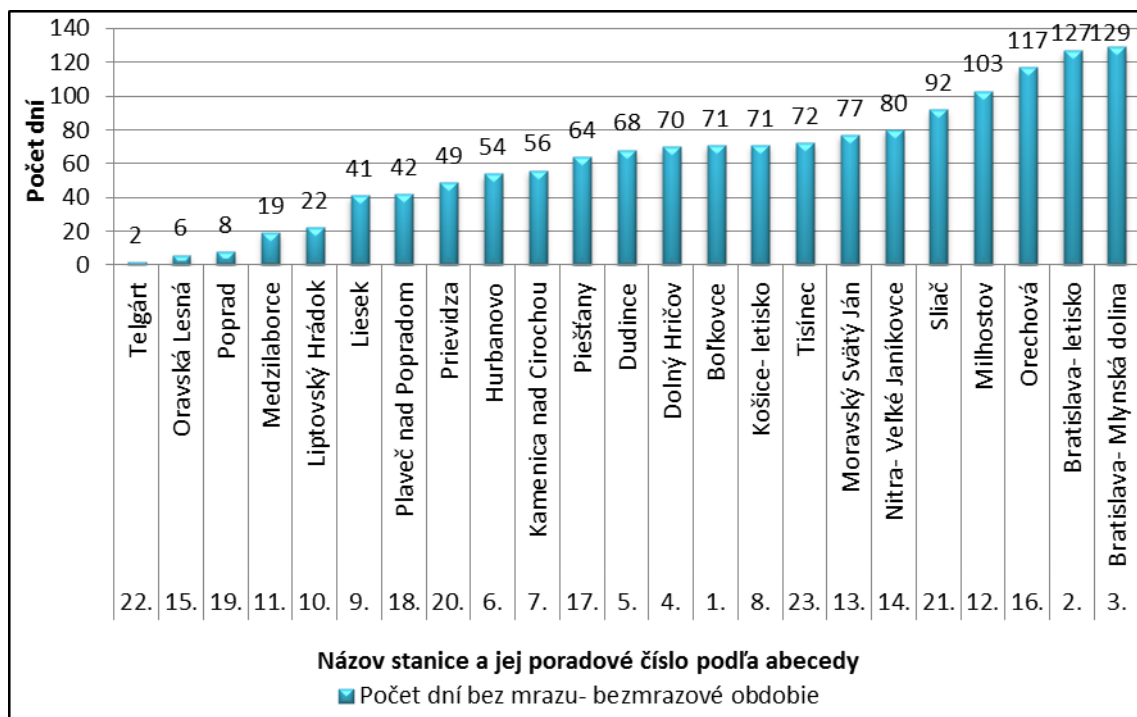


Graf 1: Priemerný počet dní s mrazmi vo výške 5 cm nad zemou v jednotlivých dekádach mesiacov pre stanicu Hurbanovo s teplotou $\leq -1,0$ °C pre obdobie rokov 1941 – 1970, v porovnaní s obdobím 1981 – 2010

4.2 Bezmrázové obdobie pre celé územie SR vo výške 5 cm nad zemským povrchom

Za bezmrázové obdobie sa považuje obdobie, kedy sa nevyskytuje ucelene žiadny mráz. Bezmrázové obdobie sa mohlo vyskytnúť napríklad v mesiaci máj a mohlo trvať napríklad 2 dni, ale také obdobie tu neuvádzame. Tu sa berie obdobie, ktorého stred je približne na rozhraní mesiacov júla a augusta, a je to najdlhšie obdobie, kedy sa mráz nevyskytol.

Pri spracovaní tejto charakteristiky sme postupovali tak, že sme si vybrali stanicu a hľadali sme najneskorší mráz na jar zo všetkých rokov, ktoré sme mali pri danej stanici k dispozícii, a rovnako sme postupovali k jeseni, kde sme hľadali prvý mráz, teda najskorší mráz, ktorý sa za všetky roky na danej stanici mohol vyskytnúť. Následne sme z toho určili posledný a prvý dátum mrazu a obdobie medzi týmito dátumami je práve bezmrázové obdobie. Na grafe 2 sú zobrazené stanice s počtom dní bez mrazu v 5 cm nad zemským povrchom za rôzne obdobia, ale väčšinou je to 30-ročný rad pozorovaní 1981 – 2010. Celý 30-ročný rad meraní nemajú iba stanice Bratislava-Mlynská dolina, Liesek, Moravský Svätý Ján, Nitra-Veľké Janíkovce a Oravská Lesná (Tab.1).



Graf 2: Bezmrazové obdobie pre klimatologické stanice - počet dní bez prízemného mrazu v 5 cm

Na grafe 2 je vidieť, že hlavne stanice na juhu západného Slovenska a juhu východného Slovenska majú bezmrazové obdobie najdlhšie. Najväčšia početnosť dní bez prízemného mrazu je pri stanici Bratislava-Mlynská dolina, až 129 dní. Stanice nachádzajúce sa v stredných polohách, ako Telgárt, Oravská Lesná a Poprad, majú najkratšie bezmrazové obdobie, v prípade stanice Telgárt sú to iba 2 dni, takže tu sa už nedá povedať, že táto stanica má nejaké bezmrazové obdobie. Pri stanici Oravská Lesná je to 6 dní bez prízemného mrazu a pre stanicu Poprad je to 8 dní, teda tieto miesta sú taktiež napádané prízemnými mrazmi počas celého roka.

4.3 Extrémne situácie - najsilnejší prízemný mráz v 5 cm za mesiace máj až júl na jednotlivých staniciach za obdobie pozorovania 1981 – 2010

V tomto prípade sme zisťovali, kedy sa vyskytol najsilnejší mráz vo výške 5 cm v mesiacoch máj až júl aj s porovnaním, aká bola teplota vo výške 2 m. Na grafe 3 je zobrazená minimálna teplota v 5 centimetroch - extrémna hodnota za mesiace máj až júl na jednotlivých staniciach za celé obdobie, ktoré máme k dispozícii (Tab.1).

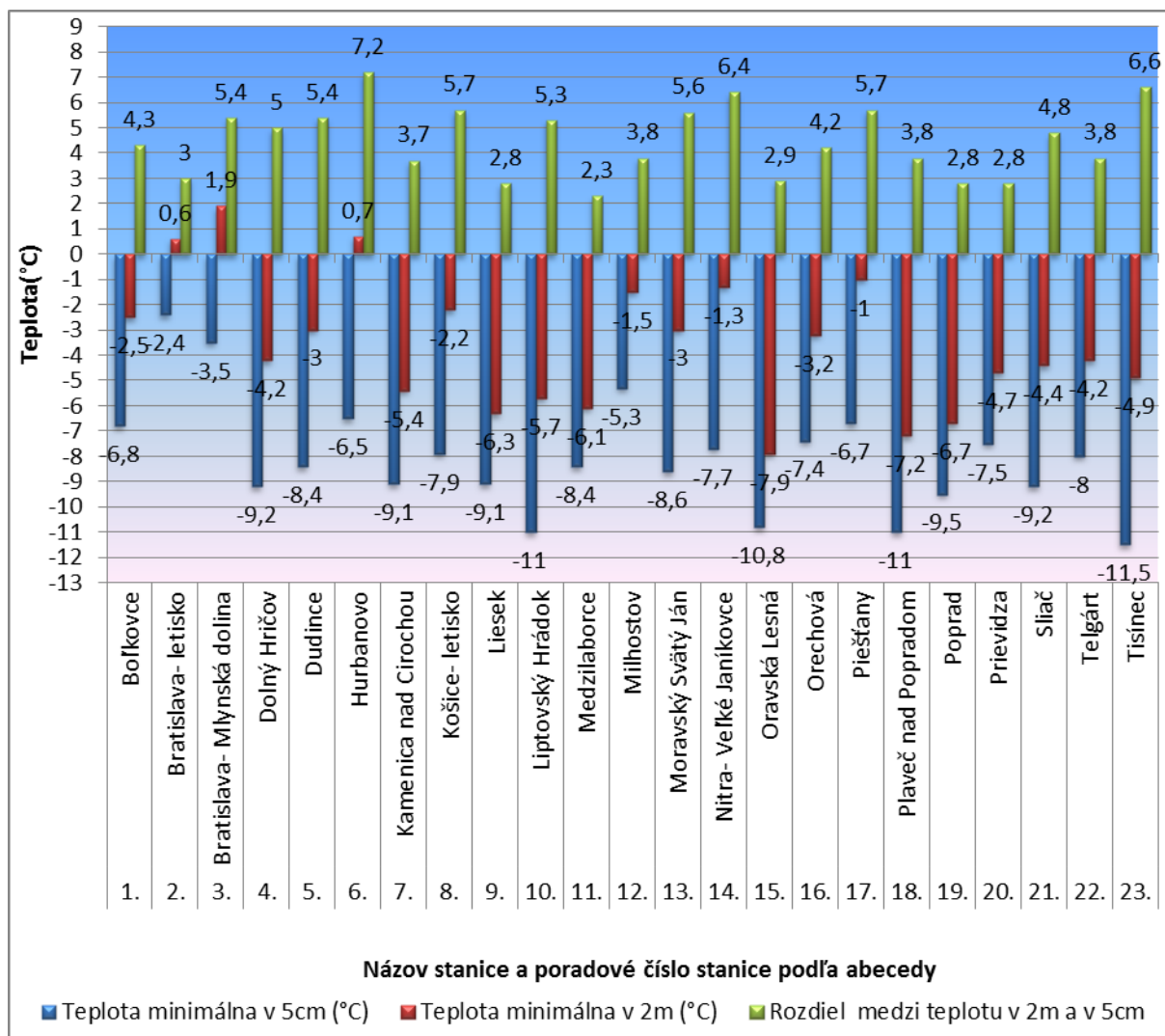
V tejto charakteristike je aj porovnanie s minimálnou teplotou aká bola vo výške 2 m v danom dni s extrémnou teplotou v 5 cm. Je tu taktiež vyznačený aj rozdiel teplôt, aký bol medzi teplotou v 5 cm a v 2 metroch v danom dni. Na grafe 3 je ďalej vidieť, že rozdiel teplôt

sa pohybuje od 2,3 °C do 7,2 °C. Teda rozdiel medzi teplotami v 5 cm a v 2 m môže byť aj viac ako 7 °C.

Najväčšie rozdiely medzi teplotou v 5 cm a v 2 m sú na staniciach Nitra-Veľké Janíkovce, kde bol rozdiel 6,4 °C, stanica Tisinec mala rozdiel teplôt 6,6 °C a stanica Hurbanovo až 7,2 °C. Na grafe 3 vidieť, že teplota na stanici Bratislava-letisko, Bratislava-Mlynská dolina a Hurbanovo bola kladná vo výške 2 metrov a záporná vo výške 5 cm. Teda mráz sa vyskytuje niekedy v 5 cm a vo výške 2 m už mráz nemusí byť prítomný.

Je dôležité poznamenať, že v žiadnom prípade sa nevyskytla situácia, že teplota v 5 cm by bola vyššia ako v 2 m. Je to pochopiteľné z toho dôvodu, pretože v najnižších vrstvách vzduchu teplota smerom k povrchu klesá, pretože vzduch sa ochladzuje od povrchu a smerom nahor je teplejší.

V prípade extrémnej hodnoty prízemného mrazu počas mesiacov máj až júl sa vyskytli najsilnejšie mrazy na 4 staniciach: Liptovský Hrádok, Oravská Lesná, Plaveč nad Popradom a stanica Tisinec, ktorá mala minimálnu teplotu vzduchu -11,5 °C v prízemnej vrstve.



Graf 3: Najsilnejší mraz za mesiace máj až júl vo výške 5 cm nad povrchom za 30-ročné pozorovanie na jednotlivých staniciach a porovnanie s teplotou, ktorá bola v danom dni v 2 m a rozdiel medzi týmito dvomi teplotami

Záver

Cieľom práce bolo predovšetkým štatisticky zhodnotiť výskyt prízemných mrazov na celom území Slovenskej republiky. Štatisticky sme v tejto práci zhodnotili 23 klimatologických staníc vybraných rovnomerne po celom území. V 4. kapitole sme spracovávali z rôznych hľadísk prízemnú minimálnu teplotu. 4. kapitola je členená na 3 podkapitoly a každá z nich sa zaoberá inou charakteristikou prízemných mrazov.

Pri porovnávaní priemerného počtu dní s prízemným mrazom v období rokov 1941 – 1970 s obdobím 1981 – 2010 pre stanicu Hurbanovo v 1. podkapitole sme hodnotili priemerný počet dní s prízemným mrazom pre intenzitu $\leq -1,0$ °C. Na základe tejto charakteristiky, ktorú sme znázornili aj graficky sa ukázalo, že na stanici Hurbanovo

priemerný počet dní s danou intenzitou prízemného mrazu postupne klesá. Tento vývoj môže byť dôsledkom klimatických zmien v posledných desaťročiach.

Pri charakteristike bezmrazového obdobia uvedené v 2. podkapitole 4. kapitoly sme zistili, ktorá stanica má najdlhšie bezmrazové obdobie. Najmenší výskyt prízemných mrazov na jar aj na jeseň mala stanica Bratislava-Mlynská dolina s bezmrazovým obdobím 129 dní. Najmenej prízemných mrazov v prechodných ročných obdobiach sa vyskytlo v Podunajskej rovine a Východoslovenskej rovine. Najčastejší výskyt prízemných mrazov je predovšetkým na stanicich, nachádzajúcich sa v stredných polohách, z daných 23 staníc.

Najdôležitejšie zistenia zo štatistického spracovania sú:

1. Na horských stanicich sa vyskytujú prízemné mrazy takmer počas celého roka.
2. Najdlhšie bezmrazové obdobie je na stanicich nachádzajúcich sa v Podunajskej rovine a Východoslovenskej rovine.
3. Podarilo sa nám dokázať, že priemerný počet dní s prízemným mrazom sa postupne, smerom od apríla k letu, znižuje a od augusta do októbra začína narastať priemerný počet dní s prízemným mrazom.
4. Na stanici Hurbanovo sa nám podarilo ukázať, že priemerný počet dní s intenzitou prízemného mrazu $\leq -1,0$ °C klesá za obdobie rokov 1981 – 2010, v porovnaní s obdobím rokov 1941 – 1970.
5. Rozdiel medzi prízemnou teplotou a teplotou v 2 m môže byť väčší ako 7 °C.

Na záver sa dá povedať toľko, že hodnotenie výskytu prízemného mrazu má význam predovšetkým jednotlivito po klimatologických stanicich, v ktorých sa dané stanice nachádzajú, kde treba brať do úvahy tiež nadmorskú výšku.

Pod'akovanie

Pod'akovanie patrí v prvom rade môjmu školiteľovi Mgr. Pavlovi Zaujcovi za jeho cenné rady, usmernenia a odbornú pomoc. Veľká vďaka patrí aj SHMÚ za poskytnutie údajov, ktoré som v tejto práci spracovával a bez ktorých, by sa nedalo tak pekne zhodnotiť prízemné mrazy.

Zoznam použitej literatúry

BEDNÁŘ, J. 2003. Meteorologie: *Úvod do studia dějů v zemské atmosféře*. Praha: Portál, 2003. ISBN 80-7178-653-5. 223 s.

- BEDNÁŘ, J. et al. 1993. *Meteorologický slovník výkladový terminologický*. Praha : Academia, 1993. 594 s.
- BERÁNEK, P. *Význam používaných formulácií v predpovediach počasia a úspešnosť predpovedí* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné na: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1724>
- FORGÁČ, P., MOLNÁR, F. 1970. *Jarné mrazy na Slovensku a ochrana proti nim*. Bratislava: Slovenská štátna poisťovňa v PRÍRODE, 1970. 79 s.
- HAVLÍČEK, V. et al. 1986. *Agrometeorologie*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986, 264 s.
- CHROMOV, S. P. 1968. *Meteorológia a klimatológia*. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1968, 456 s.
- KOPÁČEK, J., BEDNÁŘ, J. 2005. *Jak vzniká počasí*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2005. ISBN 80-246-1002-7. 226 s.
- KURPELOVÁ, M. 1986: Mrazíky na Slovensku. In ŠAMAJ, F. Zborník prác SHMÚ, zväzok 27. Bratislava: Alfa, 1986. 195 s.
- KURPELOVÁ, M., COUFAL, L., ČULÍK, J. 1975. *Agroklimatické podmienky ČSSR*. Bratislava: Hydrometeorologický ústav v PRÍRODE, 1975. 270 s.
- LÁSZLÓ, V. 1988. *Analýza závislosti prízemnej minimálnej a dennej minimálnej teploty vzduchu na vybraných staniciach Slovenska*. [Diplomová práca]. Bratislava: Matematicko – fyzikálna fakulta UK, 1988. 39 s.
- MUNZAR, J. et al. 1989. *Malý průvodce meteorologii*. Praha: Mladá fronta, 1989. 248 s.
- NOSEK, M. 1972. *Metody v klimatologii*. Praha: Academia, 1972. 434 s.
- PÔBIŠOVÁ, J. 1988. *Analýza prízemnej minimálnej dennej teploty vzduchu a minimálnej dennej teploty vzduchu s ohľadom na fenologické fázy viniča a kukurice*. [Diplomová práca]. Bratislava: Matematicko – fyzikálna fakulta UK, 1988. 44 s.
- PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UK. *Učebné texty z geomorfologie*. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné na: <http://www.fns.uniba.sk/index.php?id=3647>
- SAPOŽNIKOVOVÁ, S.A. 1952. *Mikroklima a miestní klima*. Praha: Brázda, 1952. 260 s.
- SMOLEN, F. et al. 1980. *Bioklimatologický slovník: termilogický a explikativní*. Praha: Academia, 1980. 244 s.

Abstract

The aim of this work was to characterize ground frost and to perform statistical evaluation of ground frosts in whole territory of Slovakia during spring and autumn over the period 1981-2010. In the first chapter there is introduced procedure for choice of time period and climatological stations, and also described methodology for measurement of minimal ground temperature. In the second chapter there is introduced Stefan – Boltzmann Law for real surface areas and thermal balance scheme during the night. The third chapter focuses on classification of ground frosts. In this chapter there are introduced factors, which underlie creation of ground frosts and also there are mentioned negative impacts of ground frosts on fruit trees for demonstration. In the last chapter there is considered Hurbanovo station for two thirty years' periods: 1981-2010 and 1941-1970 and also their mutual comparison. Further here is mentioned frostless period in 23 stations in Slovakia over the period 1981-2010 and the last characteristics is extreme situation, which appeared in ground layer from May to July during the period 1981-2010 in all 23 stations and its comparison to temperature in two meters' height in given day with lowest temperature. Statistical evaluation is mainly used for demonstration what ground frost used to be in chosen 23 climatological stations and this can be useful for farmers, fruiters and gardeners and also for everybody, who likes raising plants and he is interested in reasons of ground frost origin. The most important results emerging from statistical evaluation of ground frosts in Slovakia during transitional season are: ground frosts occur on the station in middle locations almost over entire period from April to October. Another result is that ground frosts occur at least in stations located in The Danube Flatland and The East Slovak flatland. Within Hurbanovo station we found out that during period 1981-2010 average number of days when ground frost had intensity $\leq -1,0$ (less or equal to minus one centigrade degree) was less than during period 1941-1970. According to our findings ground frost has significance to evaluate individually in climatological stations being located in different geomorphological units.