

TEMPERATURNI OBRAT IN TERMALNI PAS V SLOVENSkih GORICAH MED MURO IN PESNICO

Martin Marič

Profesor geografije in zgodovine
Trate 51, SI - 2213 Zgornja Velka, Slovenija
e-mail: maric.tine@gmail.com

UDK: 551.584:914.971.2

COBISS: 1.01

Izveček

Temperaturni obrat in termalni pas v Slovenskih goricah med Muro in Pesnico

Temperaturni obrat in termalni pas sta dva topoklimatska pojava, ki sta v Slovenskih goricah v veliki meri vplivala na razširjenost vinogradništva in sadjarstva. V članku smo z meritvami in analizami dokazali prisotnost temperaturnega obrata in termalnega pasu v Slovenskih goricah med Muro in Pesnico. Analizirali smo tudi v katerih vremenskih tipih pojava nastaneta in v katerih sta najintenzivnejša. S pomočjo meritev smo skušali dokazati spodnjo mejo termalnega pasu v Slovenskih goricah med Muro in Pesnico.

Gljučne besede

temperaturni obrat, termalni pas, vremenski tip, Slovenske gorice med Muro in Pesnico

Abstract

Temperature inversion and thermal belt in the Slovenske gorice region between the Mura and Pesnica Rivers

Temperature inversion and thermal belt are the two topoclimatic phenomena, which influence the prevalence of vineyards and orchards in the Slovenske gorice region. The presence of temperature inversion and thermal belt within the Slovenske gorice region was proven by our measurements and analyses. Furthermore, we analysed their occurrence and their intensity in different weather types. Our aim was also to prove the lower limit of thermal belt in the Slovenske gorice region between the Mura and Pesnica Rivers.

Key words

Temperature inversion, thermal belt, weather type, the Slovenske gorice region between the Mura and Pesnica Rivers

1. Uvod

V gričevju Slovenskih goric vinska trta ter sadno drevje rasteta predvsem na pobočjih nad dolinami rek in potokov. Vzrok temu so topoklimatske razmere Slovenskih goric. Doline so zaradi pogostih temperaturnih obratov in posledične višje temperature na pobočjih manj primerne za rast občutljivih kulturnih rastlin kot sta sadno drevje in vinska trta. Temperaturni obrat ali temperaturna inverzija je pojav, pri katerem se temperature z višanjem nadmorske višine večajo, namesto padajo. Poznamo štiri vrste temperaturne inverzije, nas je zanimala prizemna oz. radiacijska inverzija (Šegota 1988). Ta vrsta temperaturnega obrata se pojavlja predvsem v hladnem delu dneva, ko so noči jasne in mirne (Yoshino 1976; Ogrin 2000, 2003, 2005). V Sloveniji je letno takih dni okoli 50 % (Petkovšek 1965, povzeto po Ogrin 2000). Radiacijska temperaturna inverzija nastane, ko se zaradi dolgovalovnega sevanje Zemlje v jasnih nočeh tla ohladijo in posledično se ohladi tudi zrak nad tlemi. V jasnih nočeh ni oblačnega pokrova, ki bi preprečil izgubo dolgovalovnega sevanja. Prav tako je pomemben dejavnik za nastanek temperaturnega obrata mirno ozračje brez vetra, ki bi premešal ozračje (Šegota 1988; Ogrin 2000). Hladen zrak nad tlemi je težji in gostejši od toplega, zato se steka v nižje ležeče doline, na višje ležečih pobočjih in slemenih pa ostaja toplejši zrak. V dolinah nastaja jezero hladnega zraka, ki počasi odteka proti nižjim točkam reliefa. S stekanjem hladnega zraka v doline pa se zrak lahko nasiči z vlago in nastane radiacijska megla (Ogrin 2003).

Posledica pogostega temperaturnega obrata pomeni tudi toplejšo minimalno in povprečno letno temperaturo na predelih nad dolinami. Ta pojav je v Sloveniji prvi podrobneje predstavil akademik Gams, ki je termalni pas opredelil kot toplejši pas od tega na dnu dolin in kotlin in onega nad njim in je torej najtoplejši pas v državi (Gams 1996, 6). Tako kot temperaturni obrat je tudi termalni pas najbolj izrazit v hladni polovici dneva ob anticiklonalnem vremenu (Žiberna 1992; Gams 1996). V termalnem pasu so najugodnejše podnebne razmere za vinogradništvo in sadjarstvo, saj je v dolinah večja možnost pozebe pa tudi vlage je v dolinah več (Gams 1996; Žiberna 1992; Ogrin 2007).

Omeniti je potrebno, da sta tako temperaturni obrat kot termalni pas spremenljiva pojava, ki sta odvisna od reliefa in od vremenske situacije. Tako je vsaka dolina s pobočjem edinstvena in ima svoje temperaturne posebnosti (Žiberna 1999; Ogrin 2007).

Spodnja meja termalnega pasu je težko določljiva, saj je spremenljiva in se v Slovenskih goricah praviloma pojavlja med 15 in 30 metri nad dnem doline. V veliki večini primerov se lahko orientiramo tudi po večstoletni tradiciji vinogradništva na tem območju, kjer spodnja meja vinogradov sovpada s spodnjo mejo termalnega pasu (Kert 1973; Žiberna 1992).

V članku smo analizirali podatke z meteoroloških postaj, ki so ležale na našem območju na različnih reliefnih tipih. Analizirali smo lastne meritve, s katerimi smo dokazali obstoj in intenzivnost temperaturnega obrata in termalnega pasu glede na vremenske tipe.

2. Metodologija

Podatke, s katerimi smo dokazali obstoj termalnega pasu v Slovenskih goricah med Muro in Pesnico, smo pridobili na spletnih straneh Agencije Republike Slovenije za

okolje. Analizirali smo podatke za meteorološko postajo Polički Vrh, ki leži v dolini in približno 11,5 km oddaljeno postajo Zgornja Ščavnica, ki leži na slemenu. Analizirali smo temperature med leti 1969 in 1993, ko je postaja Zgornja Ščavnica prenehala obratovati. Novejše podatke za leta 2008 - 2013 smo za postajo Zgornja Velka, ki leži na pobočju, črpali iz spletnega agrometeorološkega portala Slovenije. Za dokaz temperaturnega obrata so predvsem zanimive analize povprečnih mesečnih, povprečnih letnih ter povprečnih minimalnih temperatur.

Temperaturni obrat smo dokazovali z lastnimi terenskimi meritvami na treh različnih relacijah tik pred sončnim vzidom, ko je največja možnost temperaturnega obrata, zaradi najbolj ohlajenega ozračja. Meritve smo opravljali v juliju in avgustu 2013, novembru 2013 in marcu 2014. V avtomobil smo na višino 2 metra od tal namestili temperaturni senzor termometra. Temperature smo odčitovali na vnaprej določenih točkah, med katerimi je bilo 10 metrov višinske razlike. Prva relacija je potekala od reke Mure pri Tratah (232 m n.v.) do 3500 metrov oddaljenega slemena v kraju Lokavec (398 m n.v.), nato smo se po slabih treh kilometrih spustili v dolino reke Ščavnice (276 m n.v.). Druga relacija je imela začetno merilno točko dober kilometer po dolini Ščavnice gorvodno na nadmorski višini 286 metrov. V poldrugem kilometru smo se vzpeli na Zgornjo Velko, na grič s cerkvijo Marije Snežne (406 m n.v.), nato pa se po glavni cesti spustili do 4,5 km oddaljenega Sladkega Vrha (236 m n.v.). Zraven beleženja temperatur smo spremljali tudi vremensko situacijo (padavine, oblačnost, veter, vidljivost), na podlagi katere smo določili vremenski tip po Čadežu (Žiberna 1996), ki je vremenske tipe v grobem razdelil na 4 glavne tipe: anticiklonalni vremenski tip (A) je brez stalnih vetrov, oblačnost večja kot 5/10 praviloma ne traja več kot tri ure zapored, možna megla, količina padavin ne presega 1 mm. Pri podtipu 2 je možen prehod megle v dvignjeno meglo ali stratusno oblačnost. Ciklonalni tip (C) je vremenski tip, kjer je količina padavin nad 1.0 mm, nevihte se ne pojavljajo, oblačnost manjša od 5/10 nikoli ne traja več kot 3 ure zapored, možna megla. V advektivnem vremenskem tipu (D) je spremenljivo oblačno vreme, količina padavin je pod 1.0 mm, pihajo vetrovi stalnih smeri, zjutraj in zvečer je lahko brezvetrje, možen pojav megle, nevihtnih oblakov ni, oblačnost manjša od 5/10 se ne zadžuje več kot 3 ure zapored. V konvektivnem (K) vremenskem tipu so značilne vročinske nevihte v labilni atmosferi z vetrovi nestalnih smeri, padavine niso nujne, možna megla. Pri Čadeževi klasifikaciji poznamo tudi 8 mešanih vremenskih tipov, ki nastanejo kot kombinacija osnovnih tipov (Honzak 2008).

Po Čadeževi klasifikaciji vremenskih tipov smo ocenili tudi vremenske situacije pri analizi lastnih meritev merjenja termalnega pasu. Prve meritve smo opravljali v kraju Slatenik, kjer je veliko obdelovalnih površin zasajenih z vinogradi, ki se pojavljajo nekaj metrov nad dolino. Meritve smo opravljali z merilnimi gumbki, ki so bili zaščiteni z zaklonom za sevanje. Merilne gumbke (dataloggerje) smo postavili 2 metra od tal. Merilne gumbke smo s pomočjo programske opreme Thermotrack sinhornizirali ter jim določili uro prve meritve. Temperaturni gumbki so temperature beležili na vsakih 15 minut, merili so z natančnostjo 0,1 °C. Prvi datalogger je bil postavljen v dolini na nadmorski višini 282 metrov, kar je le 7 metrov nad dolino potoka, ki teče v smeri zahod-vzhod ter je desni pritok Jakobskega potoka. Drugi datalogger je bil nameščen v vinogradu 200 metrov zračne razdalje proti severovzhodu na pobočju jugozahodne ekspozicije (325 m n.v. - 50 m relativne višine). Zadnji datalogger je bil stacioniran v vinogradu na samem slemenu griča 111 metrov nad dnom doline (386 m n.v.). Postaje so temperature beležile med 10. julijem 2013 in 30. septembrom 2013, se pravi prav v času, ko je dozorevalo sadno drevje ter grozdje in ko je temperatura pomemben faktor pri zorenju in kakovosti pridelka. Od 1. novembra do 11. decembra

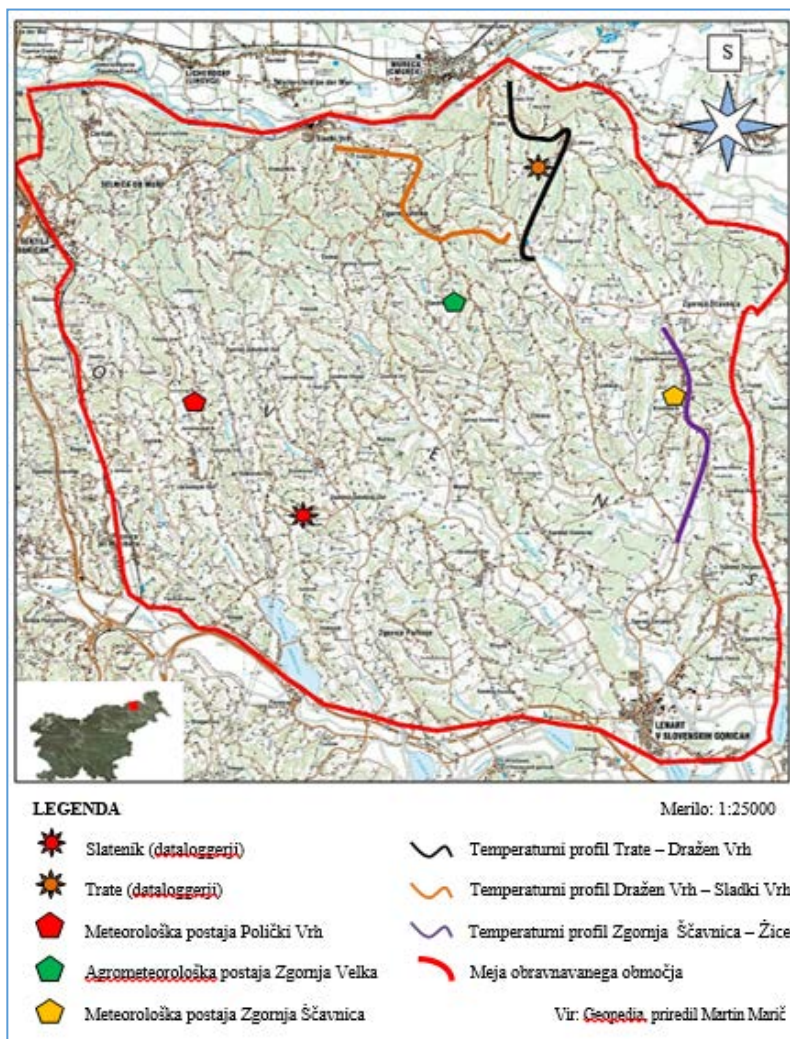
2013 smo opravljali isto vrsto meritev na nekoč sadjarskem in vinogradniškem območju na Tratah, kjer smo imeli dolinski datalogger na višini 316 m n. v. (4 m r.v.), pobočni datalogger je ležal na 19 metrih relativne višine, slemenski pa na 39 metrih relativne višine.

3. Temperaturni obrat v Slovenskih goricah med Muro in Pesnico

Meritve, s katerimi smo ugotavljali pojav temperaturnega obrata, smo opravljali v različnih vremenskih tipih. Julijski meritvi na relaciji Trate-Lokavec-Dražen Vrh smo opravljali v anticiklonalnem vremenskem tipu. Temperature na najnižji točki ob reki Muri so bile v vseh meritvah nekoliko toplejše kot meritve nekaj metrov višje, kar lahko pripišemo mikroklimi ob reki Muri, ki blaži absolutne temperature. Temperature so v anticiklonalnem vremenskem tipu z višino postajale toplejše. Na približno 40 metrih relativne višine so temperature pričele naraščati. Na najvišji točki v Lokavcu so bile 28. julija temperature kar 6,3 °C toplejše kot na najhladnejši točki v dolinskem pasu. Podobna temperaturna situacija je bila ob spustu v dolino reke Ščavnice, kjer so bile v julijskih meritvah temperature tukaj še hladnejše kot v dolini reke Mure. Najnižja točka v dolini reke Ščavnice je bila kar za 7,6 °C hladnejša od najtoplejše temperature na slemenu, ki je ležala 119 metrov nad dolino Ščavnice. Sklepamo, da je dolina Mure toplejša zaradi že prej omenjenega mikrovpliva večje reke na temperature.

Avgustovske temperaturne meritve smo opravljali tudi v drugih vremenskih tipih. Ugotovili smo, da v advektivnem vremenskem tipu temperaturni obrat na prvem delu poti med Muro in Lokavcem ni bil izražen, saj je bila temperatura v dolini Mure toplejša za 0,4 °C. Na drugem delu poti med Lokavcem in dolino Ščavnice pa se je pojavil temperaturni obrat, saj je bila dolina Ščavnice hladnejša za 2 °C. V anticiklonalno-advektivnem vremenskem tipu so meritve dokazale obstoj temperaturnega obrata, ki pa ni bil tako izrazit kot v anticiklonalnem podnebjju, saj so temperature z višino maksimalno narastle za 2,5 do 3 °C. Manj izrazit temperaturni obrat v tem vremenskem tipu je posledica večje oblačnosti in prevetrenosti, ki je podrla višinsko-temperaturno plastovitost. V ciklonalnem vremenu se v obeh meritvah temperaturni obrat ni pojavil, saj pogoji z oblačnostjo, dežjem ter vetrom tega niso dopuščali. Temperaturni obrat smo skušali dokazati tudi v novembru. Opravili smo dve meritvi v anticiklonalnem vremenu, pri prvi meritvi je v dolinah bila prisotna radiacijska megla, pri drugi meritvi pa je bila slana. V obeh primerih je bil temperaturni obrat jasno izražen. Temperaturni obrat se je pri teh meritvah pričel na približno 40 metrih nad dolino reke Mure, vendar je spodnja meja vinogradov tod še višja, kar kaže na nevarnost spomladanske pozebe. Dober pokazatelj na kateri relativni višini je smotrno tukaj zasaditi vinsko trto in sadno drevje je meritve, ki je bila opravljena 13. marca 2014, ko so bili tipični vremenski pogoji za temperaturni obrat. V dolinah se je pojavila slana, ki je poškodovala cvetje tedaj cvetoče marelice, na pobočjih ter slemenih pa slane ni bilo. Temperatura ob Muri pri Tratah je bila -0,4 °C, ta se je nato še znižala, na 30 metrih relativne višine je bila -1,6 °C. Temperatura je bila nad lediščem šele na dobrih 80 metrih relativne višine. To je potrdilo prejšnje domneve iz jesenskih meritev, da lahko jezero hladnega zraka v dolini reke Mure tukaj sega tudi višje. Na slemenu je bila najtoplejša temperatura 3,7 °C izmerjena na 150 metrih relativne višine. Ob spustu v dolino Ščavnice smo ugotovili, da je jezero hladnega zraka segalo do višine 30 metrov nad dolino. Na najnižji točki je bila temperatura -2,1 °C, 35 metrov višje pa že 1,6 °C. Pri marčevski analizi temperatur glede na nadmorske višine smo naredili tudi regresijo in korelacijo. Dokazali smo, da se v povprečju z vsakim metrom temperatura zviša za 0,03 °C, pri spustu pa za zniža za 0,05 °C. Korelacijski

faktor je v obeh primerih velik (0,9 in 0,93), kar dokazuje, da je temperaturni obrat zelo močan, saj lahko v več kot 80 % napovemo dviganje temperature z višanjem nadmorske višine.



Slika 1: Območje Slovenskih goric med Muro in Pesnico z lokacijami meritev.

Analize meritev druge relacije so potrdile domneve, da je temperaturni obrat najbolj izražen v anticiklonalnem vremenskem tipu. Avgustovska meritev v anticiklonalnem vremenskem tipu je med dolino Ščavnice in gričem Zgornje Velke pokazala, da je bila temperatura v dolini za 4,3 °C hladnejša. Povsem enaka temperaturna razlika je bila tudi v dolini reke Mure, čeprav je ta dolina od ščavniške nižja za 40 metrov. Vzroki za to tičijo v tem, da Mura in ribnik v bližini ustvarjata posebno blažjo mikroklimo. Velika možnost, da temperatura v tej dolini ni hladnejša, pa so tudi zidane površine Sladkega Vrha, kjer smo izmerili zadnjo temperaturo. Tudi v anticiklonalno-advektivnem vremenskem tipu se je temperaturni obrat pojavil in bil razpoznaven, temperaturne razlike niso bile tako intenzivne kot v anticiklonalnem vremenskem tipu. V

ciklonalnem vremenskem tipu se temperaturni obrat ni ustvaril, z višino je temperatura padala.

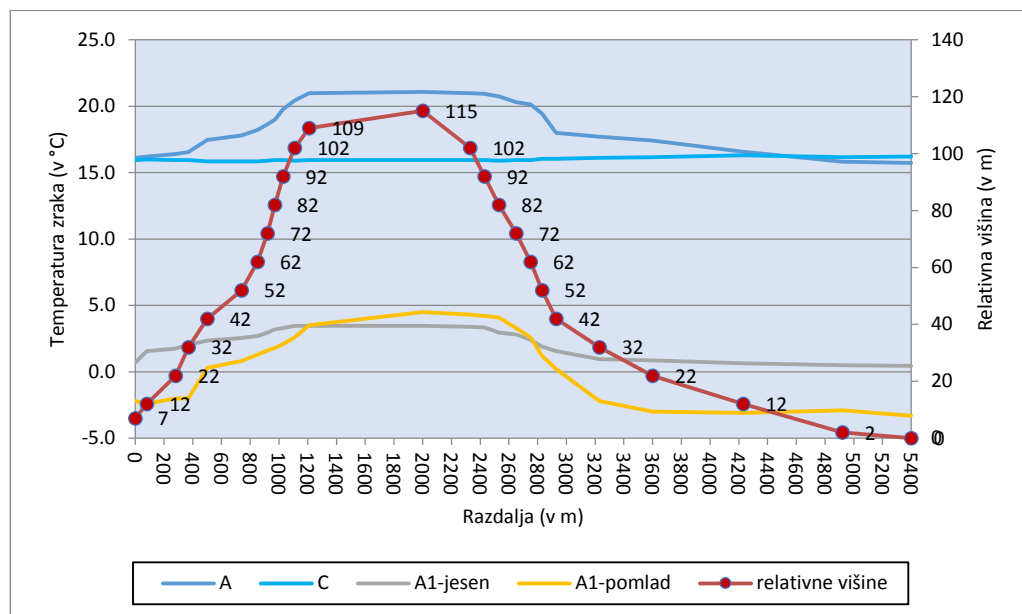
Preglednica 1: Tabela zanimivejših meritev temperaturnega obrata z minimalnimi in maksimalnimi temperaturami glede na relativne višine in vremenski tip.

Datum	T min/ rel. višina	T max/ rel. višina	T max/ rel. višina	T min/ rel. višina	Vrem. tip
	Meritve pri vzponu		Meritve pri spustu		
	Relacija Trate (232 m n.v.)-Lokavec(395 m n.v.)-Dražen Vrh (276 m n. v.)				
28.7. 2013	19,1 °C/ 8 m	25,4/163 m	25,6 °C/ 114 m	18 °C/ 0 m (dolina Ščavnice)	A1
23.7. 2013	14,1 °C/ 8 m	15,3 °C/ 163 m	17 °C/ 84 in 94 m	12,9 °C/ dolina Ščavnice	AD
24.8. 2013	16,9 °C /158 m	18,2 °C / 0 m (dolina reke Mure)	17,5 °C/ 0-34 m	16,8 °C/ 114 m	C
1.11. 2013	5,4 °C/ 8 m in 18 m	8,4 °C/ 163 m	8,4 °C/ 119 m	6,3 °C/ 0 m (dolina Ščavnice)	A1
13.3. 2014	-1,6 °C/ 28 m	3,6 °C / 163 m	3,7 °C/ 114 m	-2,1 °C/ 0 m (dolina Ščavnice)	A1
	Relacija Dražen Vrh (286 m n.v.)-Zgornja Velka (406 m n.v.)-Sladki Vrh (236 m n.v.)				
23.8. 2013	12,3 °C /dolina reke Ščavnice	16,6 °C/ 110 m	16,6 °C / 163 m in 153 m	12,3 °C / 10 m	A1
13. 8. 2013	14,7 °C/ 5 m	17,4 °C /114 m in 120 m	17,4 °C/ 169m in 153 m	12,3 °C/ dolina reke Mure	AD
1.11. 2013	5,4 °C / 0 m (dolina Ščavnice)	8,3 °C/ 120 m	8,3 °C/ 169 m in 163 m	5,8°C/ 0 m (dolina reke Mure)	A1
13.3. 2014	-2,6 °C/ 24 m	3,9 °C/ 120 m	3,9 °C/ 169 m	-2,6 °C/ 0 m (dolina Mure)	A1
	Relacija Zgornja Ščavnica (255 m n.v.)-Sveta Ana (363 m n.v.)-Žice (248 m n.v.)				
28.7. 2013	18,3 °C/ 0 m (dolina Ščavnice) in 5 m	25,2 °C/ 108 m	25,2 °C/ 115 m	18 °C/ 0 m (dolina Velke)	A1
13.3. 2014	-2,4 °C/ 5 m	4,5 °C / 108 m	4,5 °C/ 115 m	-3,3 °C/ 0 m (dolina Velke)	A1

Vir: Lastne meritve.

Pri meritvi, ki je bila opravljena 1. novembra v anticiklonalnem vremenu je bil temperaturni obrat izražen tako ob vzponu iz Ščavniške doline (temperaturna razlika 2,9 °C) kot spustu proti Muri. Temperaturni obrat ob spustu v dolino Mure (Sladki Vrh) je bil šibkejši, saj je bila dolina hladnejša za 2,5 °C. Podobne temperaturne razlike so bile tudi pri drugi meritvi, ko je bila temperatura pod lediščem. V obeh meritvah smo opazili, da je bila dolina Ščavnice zopet hladnejša kot dolina Mure. S stališča kmetijstva je bila tudi tu najpomembnejša marčevska meritev. Temperatura na začetni dolinski točki na Dražen Vrh je bila -2,1 °C, opazili smo pojav slane. 50 metrov višje na pobočjih je bila temperatura že nad lediščem, tudi slane več ni bilo opaziti. Na griču Zgornje Velke je temperatura narasla na 3,9 °C. Vožnja in spust proti Muri pa je zopet ohladil prizemne temperature, ki so se med 30 in 40 metri nad dolino spustile pod ledišče. V Sladkem Vrh je bila temperatura -2,6 °C, kjer se je pojavila slana. Temperature so dokazale, da so površine pod 40 metri relativne višine manj primerne za sadjarstvo, saj je prav tega dne že cvetela marelica, ki je v dolinah pomrznila. Korelacija med višanjem temperature z višanjem nadmorske višine je tudi tukaj zelo velika. Temperatura se po modelu na vsak meter pridobljene višine dvigne za 0,05 °C, pri spustu pa se na vsak meter zniža za 0,03 °C.

Zadnje meritve smo opravljali med dolino reke Ščavnice (Zgornja Ščavnica) preko slemena Svete Ane do doline potoka Velke v Žicah. Na tej relaciji smo na najkrajši razdalji in najmanjših relativnih višinah dobili najizrazitejše primere pojava temperaturnega obrata. Opravili smo tri meritve v anticiklonalnem vremenskem tipu. Pri prvi meritvi smo ugotovili, da se pri vožnji zgolj dobra dva kilometra in pri dvigu na 110 metrov relativne višine temperatura dvigne za 4,1 °C, pri drugi meritvi kar za 6,9 °C, pri tretji pa za 4 °C. Pri spustu s slemena Svete Ane proti dolini Velke, kjer poteka tudi glavna cesta Lenart-Trate (Cmurek), pa so bile temperaturne razlike še hladnejše. Končna merilna točka je ležala 115 m nižje. Temperatura v dolini je bila pri prvi meritvi 4,4 °C, pri drugi 7,2 °C, pri tretji pa 4,5 °C hladnejša kot na najtoplejši točki na slemenu. Tudi tukaj je pri jesenskih meritvah temperaturni obrat obstajal, vendar ni bil tako izrazit kot pri poletnih meritvah. Temperaturna na slemenu je bila pri prvi in drugi jesenski meritvi v anticiklonalnem vremenskem tipu toplejša za največ 3 °C. Najzanimivejša marčevska meritev je tudi tukaj dokazala zakaj so primernejša območja ta, ki ležijo višje in imajo višje temperature ter manj možnosti pozebe. V dolini Ščavnice je temperatura bila -2,2 °C, na tleh pa je bila opazna močna slana. Ob vzponu nad 35 m nad dolino slane več ni bilo temperatura pa je skokovito narasla, na slemenu je dosegla tudi 4,5 °C. Le dva kilometra kasneje, ob spustu v dolino reke Velke so bile temperature še nižje (-3,3 °C). Slana je bila še močnejše prisotna kot v dolini Ščavnice ali Mure. Sklepamo lahko, da se je jezero hladnega zraka tudi tukaj zadrževalo do višine 40 metrov nad dolino, vendar je bil odtok hladnega zraka dolvodno onemogočen oz. upočasnjjen, zato je bila tukaj temperatura najnižja. Dokazali smo, da je pri tej meritvi kar 95% povezava med višanjem izmerjenih temperatur z naraščanjem nadmorske višine. Temperatura se po modelu z vsakim višinskim metrom zviša za 0,06 °C. Pri spustu se je temperatura znižala kar za 0,08 °C na meter višinske razlike.



Slika 2: Višinsko temperaturni profil meritve temperaturnega obrata na relaciji Zgornja Ščavnica-Sveta Ana-Žice glede na vremenske tipe.

Vir: Lastne meritve.

4. Termalni pas v Slovenskih goricah med Muro in Pesnico

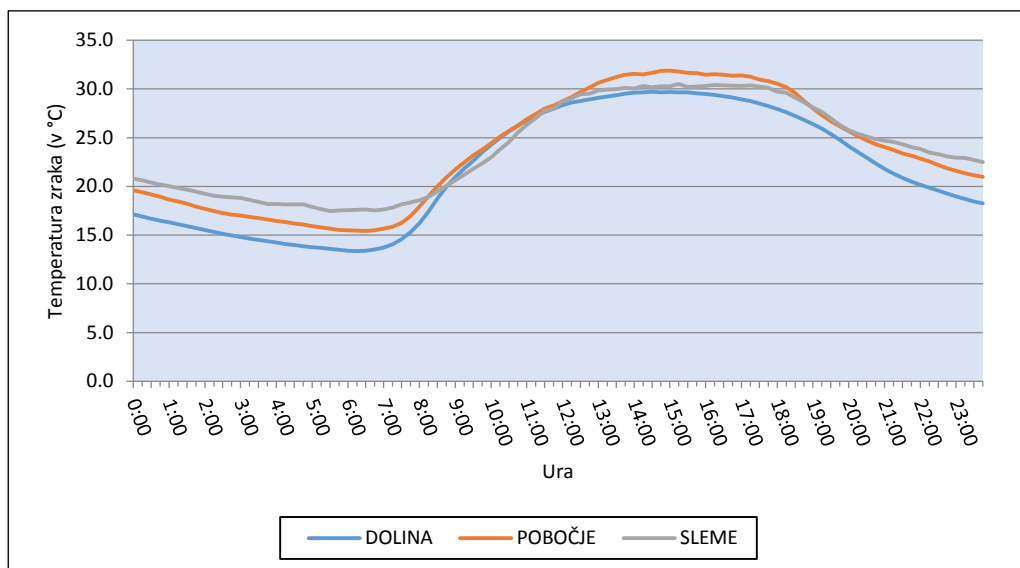
Z analizo meteoroloških podatkov iz meteoroloških postaj Polički Vrh, Zgornja Ščavnica ter Zgornja Velka smo ugotovili, da se termalni pas na tem območju pojavi. Ugotovili smo, da imata postaji Zgornja Ščavnica in Zgornja Velka toplejše povprečne ter minimalne temperature zraka. Zgornja Ščavnica ima v dolgoletnem povprečju za 0,9 °C višje povprečne temperature kot Polički Vrh, ki leži v dolini. Postaja Zgornja Velka, ki leži znotraj termalnega pasu 40 m r. v. ima povprečne mesečne temperature za 0,4 °C toplejše kot Polički Vrh v istem obdobju. Minimalne mesečne temperature so bile na Zgornji Ščavnici 1,8 °C višje kot na Poličkem Vrhu. Na Zgornji Velki pa so bile minimalne mesečne temperature za 0,6 °C višje.

Podobne ugotovitve smo hoteli dokazati tudi z lastnimi meritvami iz treh dataloggerjev, ki so bili razmeščeni na različnih reliefnih oblikah v Slateniku ob Jakobskem dolu. Analize meritev so nam dale potrditev obstoja termalnega pasu v Slovenskih goricah med Muro in Pesnico. V 83-ih dneh je bila povprečna temperatura v dolini za 1,2 °C hladnejša kot na slemenu in 1,1°C hladnejša kot na pobočju. Najboljši vpogled kdaj in kako se pojavi termalni pas pa nam je prikazala podrobna analiza urnih temperatur. Opazimo, da se termalni pas formira v hladnem delu dneva. Takrat tla začnejo sevati toploto, hladni zrak iz višjih predelov gričevja pa se steka proti dolini. Ob polnoči pa vse tja do 7.00 je sleme za 2,5° C toplejše od doline in približno stopinjo toplejše od pobočja. Po 7. uri se termalni pas prične razkrajati, kar sovpada s sončnim vzidom. Sonce postane pglavitni dejavnik pri razporeditvi dnevnih temperatur. Od 12. do 19. ure je pobočje najtoplejše, to je predvsem zaradi jugovzhodne ekspozicije. Do 11.45 je dolina toplejša kot sleme, vendar ni nikoli toplejša od pobočja. Okoli 15. ure je pobočje kar za 1,7 °C toplejše od doline in 1,3 °C toplejše od slemena. Okoli 19. ure, kar sovpada tudi z povprečnim zaidom Sonca, pa se prične zopet formirati vertikalno naraščanje temperatur. Največja temperaturna plastovitost je zvečer ob 23.45, ko je dolina od slemena hladnejša za 2,3 °C, od pobočja pa za 1,4 °C. Termalni pas se poleti ter v zgodnji jeseni formira ob 20. uri in obstaja vse tja do 8. ure zjutraj. Torej je v najtoplejšem delu leta kar 12 ur prisotna toplejša temperatura na višjih predelih tega dela gričevja Slovenskih goric.

V obdobju meritev je kar 26 dni imelo anticiklonalni vremenski tip (A1) in prav v tem vremenskem tipu je bil termalni pas najbolj razvit. Ure pričetka in konca pojava so podobne kot smo jih že opisali pri povprečnih urnih temperaturah. Najbolj izrazit termalni pas je v anticiklonalnem vremenskem tipu tik pred sončnim vzidom, ko je sleme kar za 4,3 °C toplejše od doline in 2,2 °C toplejše kot pobočje. Tudi v anticiklonalnem vremenskem tipu se termalni pas čez dan razgradi. Formirati se začne po 20. uri, ko temperaturene razlike med dolino in slemenom okoli polnoči zopet dosežejo 4 °C.

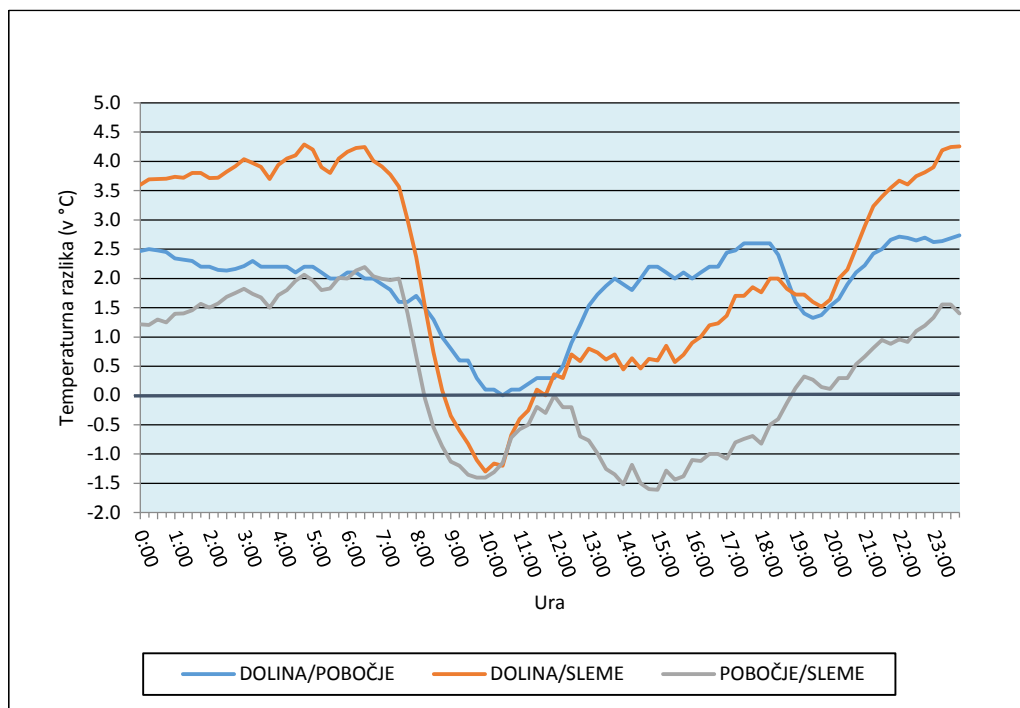
Kar 23 dni je imelo mešan anticiklonalno advektiven vremenski tip, v katerem je bil pojav termalnega pasu prisoten, vendar so bile temperaturene razlike med dolino, pobočjem ter slemenom manjše. Sleme je bilo tik pred sončnim vzidom toplejše za 3,1 °C.

Advektivni vremenski tip je bil zabeležen v 12 dneh meritev, v hladni polovici dneva je termalni pas bil prisoten, vendar so temperaturene razlike še manjše. Sleme je toplejše za največ 2 stopinji Celzija.



Slika 3: Povprečne urne temperature zraka v anticiklonalnem vremenskem tipu na Slateniku (10. julij- 30. september 2013).

Vir: Lastne meritve.



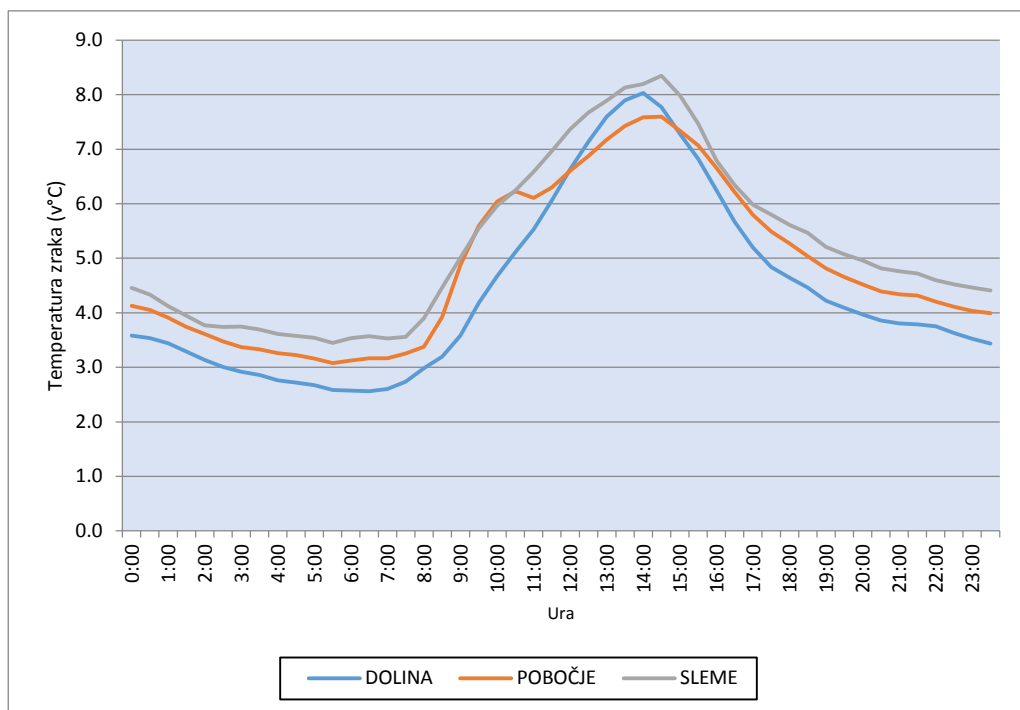
Slika 4: Povprečne urne temperaturne razlike v anticiklonalnem vremenskem tipu na Slateniku (10. julij-30. september 2013).

Vir: Lastne meritve.

V dvanajstih dneh s ciklonskim vremenskim tipom (C) z oblačnim, deževnim vremenom se termalni pas ni pojavil, ob zgodnjih jutranjih urah se je nakazal, vendar se je proti jutru razgradil in zvečer se ni formiral. Podobno je bilo tudi v advektivno-ciklonskem (DC) vremenskem tipu, ki se je pojavil v petih dneh. V 3 dneh se je pojavil mešani vremenski tip anticiklonsko-konvektivni v katerem pa se je zjutraj formiral močan termalni pas, s temperaturnimi razlikami okoli 3,5 °C, vendar se zvečer ta pas ni formiral. V ciklonsko-konvektivnem vremenskem tipu pa se termalni pas ni pojavil.

Termalni pas smo z istim načinom skušali dokazati tudi v kraju Trate na severnem delu Slovenskih goric med Muro in Pesnico. Meritve smo opravljali med 1. novembrom in 11. decembrom 2013, zanimalo nas je, ali se termalni pas pojavlja tudi na nižjih relativnih višinah ter do katere višine se zadržuje hladen zrak. Postaja na slemenu v povprečju vseh meritev za 0,8 °C toplejša kot dolinska. Pobočje pa je bilo 0,5 °C toplejše kot dolina. V povprečju smo glede na temperature ugotovili, da je tukaj spodnja meja termalnega pasu nekje okoli 20 metrov relativne višine. Jezero hladnega zraka se v teh dolinica potokov ne zadržuje dolgo, saj je strmec teh dolin še dovolj visok, da se hladni zrak vali proti ščavniški dolini. Temperaturna situacija je podobna kot na Slateniku. Termalni pas se pojavi v hladnejši polovici dneva, ki pa je glede na letni čas daljša. Tako je sleme najtoplejši predel vse do 9. ure, ko se višinsko-temperaturna plastovitost razkroji. Zaradi jesenskih vremenskih situacij in manjše moči Sonca je sleme najtoplejši predel skozi ves povprečen dan meritev. Dolinska postaja je čez dan hladnejša tudi zaradi same lokacije ob gozdu, in strmem pobočju ob njej, ki ne omogoča, da bi na postajo direktno sevalo Sonce. Tipična temperaturna razlika za termalni pas pa se začne po zaidu Sonca okoli 5. ure. Sleme je v povprečju zjutraj od doline toplejše za 1,5 °C, od pobočja pa za 0,5 °C. Po 5. uri pa je temperaturna razlika med dolino in 35 višinskih metrov višjim slemenom okoli 1 °C.

Od skupno 41 dni meritev, je bil kar v 15 dneh anticiklonski vremenski tip. Prav v tem vremenskem tipu in v tem letnem času ugotovimo, zakaj so dolinska območja manj primerna za vinogradništvo in sadjarstvo, saj se je v tem obdobju v dolini večkrat pojavila močna slana, ki je na pobočju ter slemenu ni bilo, ali je bila v manjši meri. Povprečna temperatura meritev (A1) v dolini je tik pred vzdodom Sonca bila -1,3 °C, na pobočju, -0,1, na slemenu pa 0,7 °C. Zaradi mikrolokacije dolinske postaje ter zadrževanja hladnega zraka v dolini je tudi čez dan bila pobočna in slemenska postaja izrazito toplejša (3,5 °C). V anticiklonsko advektivnem vremenskem tipu, ki se je pojavil v 8-ih dneh je situacija podobna le da so temperaturne razlike manjše (sleme je toplejše za približno 1 °C). V treh dneh anticiklonsko-ciklonskega vremenskega tipa se je termalni pas ponoči formiral, čez dan temperaturne plastovitosti ni bilo, niti se zvečer ni ustvarila. To je posledica dežja in izenačitve temperature ter oblačnega pokrova, ki je preprečil izgubo toplote. V ciklonskem vremenskem tipu, ki je bil zabeležen 13 dni meritev pa relativne višine, nakloni in ekspozicije ne predstavljajo glavnih modifikatorjev klime, saj je dolina bila toplejša kot sleme in pobočje. Podobno smo zaznali tudi v advektivnem vremenskem tipu, ko je temperatura z višino padala, le pozno zvečer, ko se je veter pomiril, se je pojavil termalni pas.



Slika 5: Povprečne urne temperature zraka na Tratah (1. november - 11. december 2013).

Vir: Lastne meritve.

5. Zaključek

Pojav temperaturnega obrata v Slovenskih gorah je vzrok, da se je nad dolinami potokov in rek pojavil termalni pas, ki ima toplejše temperature in kjer je manj možnosti za pozebo. Prav to je v preteklosti tudi oblikovalo tipično podobo te regije, ki ima na pobočjih in slemenih zasajene kulturne rastline, ki so bolj občutljive na hladnejše temperature ter pozebo. Z analizo meritev temperaturnega obrata smo dokazali, da je največja možnost pojava temperaturnega obrata v anticiklonalnem vremenskem tipu tik pred sončnim vzidom. Temperaturne razlike med najhladnejšo merilno točko v dolini ter najtoplejšo na pobočju ali slemenu so presegle 5 °C. Temperaturni obrat se na vseh treh relacijah pojavlja na različnih relativnih višinah, praviloma pa med 20 in 40 metri nad dolinami. V ostalih vremenskih tipih je temperaturni obrat manj izrazit, ali pa se sploh ne formira (ciklonalni vremenski tip). Predvsem zanimivi so izsledki meritev v anticiklonalnem vremenskem tipu na vseh relacijah 13. marca 2013. Analize meritev nam potrdijo, da ponekod v Slovenskih gorah vinogradi in sadovnjaki ležijo na 40 in več metrih relativne višine predvsem zaradi slane. Ta se je tega dne pojavila prav v vseh dolinah, kjer smo opravljali meritve. Temperature na pobočjih in slemenih so bile tudi do 7,8 stopinj celzija toplejše. V tem času je na tem območju tudi že cvetela marelica, ki je v nižjih predelih zaradi slane pomrznila.

Obstoj toplejšega območja nad dolinskim dnom smo potrdili z dvema ločenima meritvama na dveh različnih lokacijah. Ugotovili smo, da se termalni pas na območju

Slovenskih goric med Muro in Pesnico pojavlja v različnih letnih časih. Spodnja meja termalnega pasu sovpada s spodnjo mejo vinogradov na tem območju. Ta meja je težko določljiva, vendar glede na meritve in opazovanja sklepamo, da leži med 20 in 40 metri nad dnem doline. Povprečna temperatura doline je na Slateniku za 1, 1 °C hladnejša kot 50 metrov višje ležeča pobočna postaja. Tudi na nižjih relativnih višinah je termalni pas jasno izražen. Ta pojav je najbolj jasno izražen v hladnem delu dneva, največje temperaturne razlike pa so tik pred sončnim vzhodom, ko je sleme in pobočje lahko toplejše tudi za več stopinj. Najbolj se to odraža v anticiklonalnem vremenskem tipu. Ta vremenski tip je bil najbolj zastopan pri obeh meritvah. Pri ostalih kombinacijah anticiklonalnega vremenskega tipa je termalni pas manj izražen, temperaturne razlike so nižje. Temperaturni obrat se je slabo ali se ni pojavil v ciklonalnem vremenskem tipu ter njegovih kombinacijah. Za zaključek naj povemo, da smo ugotovili, da je relativna višina glaven dejavnik spreminjanja temperatur v Slovenskih gorica med Muro in Pesnico.

Literatura

- Gams, I. 1996: Termalni pas v Sloveniji, Geografski vestnik 68. Zveza geografskih društev Slovenije, Ljubljana.
- Honzak, M. 2008: Vremenski tipi in njihova uporaba. Fakulteta za matematiko in fiziko UL, Ljubljana. Pridobljeno 31. 10. 2013, http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2007_2008/seminarII slo.pdf.
- Kert, B. 1973: Družbena geografija osredja Zahodnih Slovenskih goric (območje občine Lenart): doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana.
- Ogrin, D. 2000: Nekateri topoklimatske značilnosti razporejanja temperature zraka in burje v razgibanem reliefu Slovenije. Dela, 15. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete UL, Ljubljana.
- Ogrin, M. 2003: Vpliv reliefa na oblikovanje nekaterih mezoklimatskih tipov v Sloveniji. Geografski vestnik, 75, št. 1. Zveza geografskih društev Slovenije, Ljubljana.
- Ogrin, M. 2005: Značilnosti temperaturnih inverzij. Geografski obzornik, 52, št. 2. Zveza geografov Slovenije, Ljubljana.
- Ogrin, D. 2007: Uporabnost kartiranja vinogradov kot metode za ugotavljanje prostorskih značilnosti termalnega pasu. Dela 28. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete UL, Ljubljana.
- Šegota, T. 1988: Klimatologija za geografe. Šolska knjiga, Zagreb.
- Yoshino, M. M. 1975. Climate in a small area. University of Tokyo press, Tokyo.
- Žiberna, I. 1992: Vpliv klime na rabo tal v SV Sloveniji s posebnim ozirom na vinsko trto: magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana.
- Žiberna, I. 1996: Mestna klima Maribora: doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana.
- Žiberna, I. 1999: Temperaturni obrat v hriboviti Sloveniji. Dela 13. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete UL, Ljubljana.

TEMPERATURE INVERSION AND THERMAL BELT IN THE SLOVENSKE GORICE REGION BETWEEN THE MURA AND PESNICA RIVERS

Summary

Temperature inversion occurrence in the Slovenske gorice region is the cause that above the valleys of streams and rivers thermal belt with its higher temperatures is formed, which reduces the possibility for frost. This also formed the typical image of this region where the cultural plants are planted on slopes, because they are more sensitive to lower temperatures and frost. The highest possibility of the occurrence of temperature inversion is in anticyclone weather type right before sunrise which was proven by our analysis of measurements. The temperature differences between the coldest and the warmest spot in the valley exceeded 5 °C. Temperature inversion appeared in different relative heights in all three stations, but mostly between 20 and 40 meters above the valley. In all the other weather types temperature inversion is less pronounced, or it is not formed at all (cyclone weather type). Above all, the most interesting results were in anticyclone weather type on the 13th of March 2013. The analyses of measurements confirm that somewhere vineyards and orchards lie on 40 meters (or higher) relative height because of frost. On this day, frost appeared in all three valleys, where we did the measurements. The temperatures on slopes and ridges were up to 7,8 °C higher. An apricot was already blooming at that time of the year, but it froze in the lower areas due to frost.

The existence of the warmer area above the valley was confirmed by the two separate measurements on two different locations. We learned that thermal belt in the Slovenske gorice region is appearing in different seasons. The lower limit of thermal belt coincides with the lower limit of vineyards. This limit is hard to determine, however, considering the measurements and observations, we conclude that it lies between 20 and 40 meters above the valley. The average temperature of the valley in Slatenik is 1,1 °C lower than in the 50 meters higher station on the slope. This phenomenon is the most obviously expressed in the cold part of the day, the highest temperature differences are right before the sunrise, when the slope is significantly warmer. This reflects the most in anticyclone weather type. This weather type is predominant in both of the measurements. At all the other combinations of anticyclone weather type thermal belt is less expressed and the temperature differences are lower. Temperature belt was badly occurred or was not occurred at all in cyclone weather type and its combinations. To sum up, we learned that relative height is the main factor of changing of temperatures in the Slovenske gorice region between the Mura and Pesnica Rivers.

