

Značilnosti temperaturnih inverzij

IZVLEČEK

V Ljubljanski kotlini (tako kot v drugih kotlinah, dolinah in kraških depresijah Slovenije) je vpliv depresijskega reliefa na pojav temperaturne inverzije razmeroma dobro poznan. Dosedanje raziskave so bile večinoma osredotočene na zimske inverzije, kar je zaradi njihovega vpliva na kakovost zraka tudi razumljivo. Vendar pa se temperaturne inverzije pojavljajo tudi poleti, čeprav so tedaj precej kratkotrajnejše; jezera hladnega zraka so bistveno plitvejša in se razkrojijo že zelo kmalu po sončnem vzhodu.

Ključne besede:

temperaturna inverzija, jezero hladnega zraka, Ljubljanska kotlina, Slovenija.

ABSTRACT

The Temperature Inversion Characteristics in the central part of Ljubljana Basin

The influence of relief on the appearance of temperature inversions in Ljubljana Basin (and other valleys, basins and karst fields in Slovenia as well) is obvious and well known. The surveys on temperature inversions have been mostly focused on the winter situations, which seems reasonable due to their influence on air pollution. But temperature inversions appear also in summer time, although they do not last very long, the layer of cold air is very shallow and disappears soon after the sunrise.

Key words:

temperature inversion, cold air cell, Ljubljana Basin, Slovenia.

Avtor besedila in fotografij:

MATEJ OGRIN, univ. dipl. geog.,
Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Slovenija
E-pošta: matej.ogrin@ff.uni-lj.si

COBISS I.04 strokovni članek

v osrednjem delu Ljubljanske kotline

Vpliv depresijskega reliefa na pojav temperaturne inverzije je dobro preučen in poznan že dalj časa. Tudi v Sloveniji je bilo zlasti od petdesetih let prejšnjega stoletja naprej precej znanstvenega dela posvečenega atmosferi kotlin in dolin. K temu so namreč silile razmere, ki so bile zaradi hitro naraščajočih koncentracij zlasti žveplovega dioksida vse prej kot vzpodbudne. Vpliv jezer hladnega zraka (JHZ) pa je bil poznan že pred tem. O "škodljivi megli" je pisal tudi Valvasor. Rakovec je podal celovit pregled dosednjega raziskovanja JHZ, kjer navaja, da je že v letu 1891 o njih pisal F. Seidel (6).

S problematiko JHZ so se ukvarjali številni strokovnjaki s področja meteorologije (Petkovšek, Pučnik, Kajfež Bogataj, Trontelj) in tudi geografi (Melik, Žiberna). Uporabljali so različne metode, tudi raziskovalni motivi niso bili povsem enaki. Želeli so preučiti pogostnost pojavljanja, intenzivnost pojava in časovno porazdelitev preko leta. Žiberna (7) ugotavlja, da je ob upoštevanju srednjih mesečnih temperatur inverzija najbolj pogosta in izrazita pozimi, najmanj pa poleti. Prav tako Pučnik (5) navaja zimo kot letni čas, ko je inverzija v Ljubljanski kotlini najpogostejša in najmočnejša.



Jezero hladnega zraka

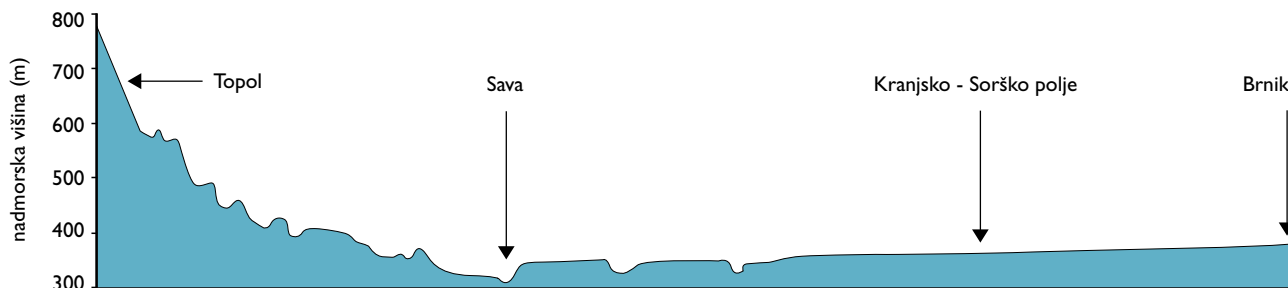
Novejše raziskave, ki so preučevale JHZ, so se večinoma posvečale zimskim

meteorološkim stanjem oziroma vremenskim razmeram v hladnem delu leta (od konca oktobra do konca februarja). Tedaj je pojav JHZ dolgotrajnejši, bolj očitni in pomembneje vpliva na kakovost zraka v kotlinah in dolinah, kjer se pojavlja. Izračunane in izmerjene so bile tudi povprečne globine JHZ (3, 4). JHZ pa vpliva tudi na druge pojave: v zgodnji pomladi sadno drevje ogrožajo pogoste zmrzali in nižje temperature ter povzročajo zaostanek fenofaz v primerjavi s termalnim pasom. Jeseni pa je očitnejša zgodnja megla, manjša osončenost, večja vlažnost in močnejša (lahko tudi zgodnejša) slana kot v termalnem pasu.

JHZ se začne tvoriti v depresijskih reliefnih oblikah takoj, ko so izpolnjeni naslednji pogoji:

1. dolgovalovno sevanje tal je večje od kratkovalovnega sevanja sonca in morebitnega protisevanja oblačnosti,
2. ozračje je mirno,
3. trajanje (čas).

V topli polovici leta, zlasti pa poleti, je v mirnih nočeh premalo časa, da bi se oblikovala globlja JHZ. Včasih se pojavi le nekaj metrov debela plast hladnejšega zraka, ki se začne razkrajati že pred sedmo uro zjutraj. Ta ura pa je velikokrat pri raziskavah osnova za jutranje temperature. Vendar pa to ne pomeni, da poleti tega pojava ni, ampak je precej manj izrazit. Kdor se je v takih jutrih pred sončnim vzhodom peljal mimo najnižjih delov Ljubljanske kotline (na primer ob savskih terasah ali po Ljubljanskem barju), se je o tem lahko sam prepričal, ko je le nekaj metrov nad tlemi visela rahla meglica.



Avtor: Andrej Herakovič, 2005.

Slika 2: Profil preučevanega območja.

razgiban relief z izrazitimi depresijskimi oblikami (kotline, doline, kraška polja)

atmosferski pogoji (dolgovalovno sevanje tal, kratkovalovno sevanje sonca in dolgovalovno protisevanje oblačnosti in atmosfere, mirno ozračje)

stekanje hladnega zraka s pobočij proti dnu doline in radiacijsko ohlajanje zraka pri tleh

nastanek jezera hladnega zraka (nižje zračne temperature, temperaturni obrat, megla)

Slika 1: Dejavniki, ki vplivajo na pojav jezera hladnega zraka.

Pojav nabiranja in zadrževanja ohlajenega zraka v depresijskih reliefnih oblikah imenujemo jezero hladnega zraka (JHZ). Značilnost teh jezer je, da se zaradi večje gostote, ki jo ima hladnejši zrak, zadržujejo pri tleh, pod toplejšim zrakom. Zaradi stabilnosti (lažji toplejši zrak je zgoraj; težji, hladen leži spodaj) lahko ta jezera, ujeta v depresijske reliefne oblike, ostanejo dlje časa ter tako pomembno vplivajo na ekološke in bivanjske razmere v njih. S pojavom JHZ je povezana tudi temperaturna inverzija (toplotni obrat), ko temperatura zraka z višino narašča. Pozimi so ta jezera trdovratnejša in globlja, zato jih tedaj razkroji šele sprememba vremena z dotokom mrzlega zraka ali pa močni vetrovi, ki povsem prevetrijó kotline in doline. Poleti je sončno sevanje dovolj močno, da se JHZ vsak dan termično razkroji.

Temperaturne inverzije - tudi poleti?

Pričujoča raziskava je temeljila na naslednjih metodoloških izhodiščih.

1. Pri ugotavljanju izrazitosti inverzije (temperaturnih razlik) je potrebno upoštevati samo tiste dneve, v katerih se inverzija pojavi (namesto upoštevanja mesečnih povprečkov vseh dnevnih vrednosti). Tako namreč preostali dnevi s t. im. normalnim temperaturnim gradientom ne manjšajo dobljenih vrednosti.
2. Kadar je minimalna temperatura zraka na Brniku manjša kot na postaji Topol, je to vedno posledica inverzije.
3. Če je temperaturna razlika znašala $0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$, smo take dni obravnavali kot dneve s temperaturno inverzijo (ker temperatura z višino ne pada).
4. Čim je bila minimalna temperatura na Brniku višja kot na postaji Topol, smo sklepali, da inverzije ni. Zavedamo se, da je tudi zelo majhen gradient lahko posledica vpliva stekanja hladnega zraka, vendar imamo za kakršno koli drugačno in bolj podrobno preučevanje posameznih plasti med tema dvema postajama odločno premalo podatkov.
5. Zaradi premajhnega števila podatkov tudi niso upoštevani ostali atmosferski dejavniki (oblačnost, veter itd.). Menimo, da je temperaturni podatek daleč najpomembnejši, saj noben od teh dejavnikov ne more povzročiti inverzne plasti prav pri tleh, kvečjemu jo oslabi ali razbije. To tudi pomeni, da v kolikor na primer prevladuje vetrovno vreme, temperaturne inverzije ni. Če je vreme oblačno, se inverzija ne tvori več, ni pa nujno, da nekaj časa ne more trajati kljub oblačnemu vremenu. Vendar pa je nastala vedno v razmeroma jasnem in mirnem vremenu.
6. Predpostavljamo, da je postaja Topol nad inverzno plastjo. To potrjuje dejstvo, da je debelina JHZ v Ljubljanski kotlini (2) večinoma manjša od 400 m, o tem pa nam govori tudi temperaturna razlika. Dnevi, ko to ne drži (kadar se v hladni polovici leta zlasti ob razmeroma šibkih vetrovih z vzhodnega kvadranta nad nami zadržuje hladen in vlažen zrak pod okoli 1000 m), seveda niso všteti. Vendar pa v tem primeru inverzija ni samo radiacijska, torej ni posledica stekanja hladnega zraka.

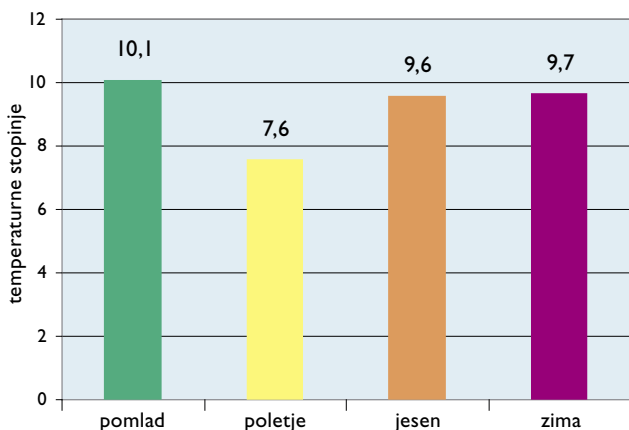


Slika 3: Pogled s Šmarne gore proti Brniku in Kamniško-Savinjskim Alpam pozimi. Na obsežni ravnini se z okoliških pobočij steka ohlajen zrak in ponoči še dodatno ohlaja ozračje (foto: Matej Ogrin).

Primerjava merilnih postaj: Topol – Brnik

Raziskava se osredotoča le na triletni niz podatkov (1995-1997), kar je premalo, da bi dobili splošno sliko inverzijskih značilnosti. Vseeno pa so značilnosti, dobljene v teh treh letih, lep primer krajšega obdobja, katerega značilnosti lahko predstavljajo osnovo nadaljnjemu preučevanju.

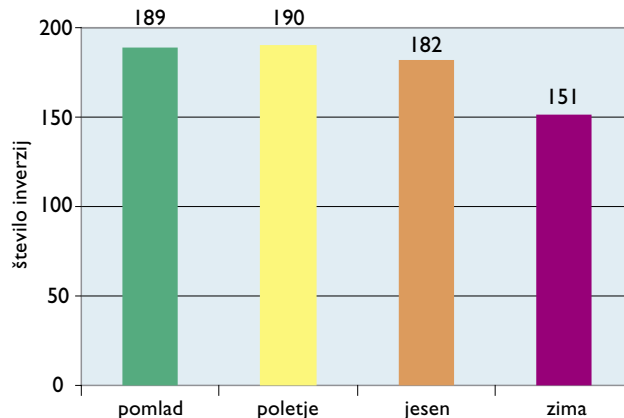
Poleti so najmanjše temperaturne razlike med postajama Topol in Brnik (slika 4). Podobno sliko lahko pričakujemo tudi v daljšem obdobju, saj so poleti noči najkrajše, tla pa dovolj pregreta, da ne omogočajo zelo močnega ohlajanja (kot v ostalih letnih časih). Bolj preseneča dejstvo, da zima ne izstopa z večjimi razlikami.



Slika 4: Največje temperaturne razlike ob inverzijskih dnevih med postajama Topol (685 m) in Brnik (362 m) v letih 1995-1997.

Največja povprečna temperaturna razlika v inverzijskih dnevih je spomladi občutno večja od ostalih letnih časov. Precej manjša, pa vendar tudi opazna, je razlika med zimo, jesenjo in poletjem. Zakaj so temperaturne razlike tako pri povprečnih kot pri absolutnih

minimalnih temperaturah večje spomladi kot pozimi? Sklepamo, da zato, ker je pozimi ohlajenost vseh nižjih slojev ozračja večja. Torej so tudi nad slojem ozračja, v katerem nastajajo dnevne radiacijske inverzije, temperature razmeroma nizke. Spomladi pa je v nižjih plasteh ozračja (pod 1000-1500 m) zrak že nekoliko ogret, po drugi strani pa nočno ohlajanje (ki je zlasti zgodaj spomladi zaradi hladnih tal in razmeroma dolge noči še izrazito) ne seže tako visoko kot pozimi. Tudi prevetrenost je v splošnem spomladi večja, kar tudi prispeva k tanjšanju plasti hladnega zraka.



Slika 5: Število inverzij na Brniku v obdobju 1995-1997.

Presenetljiv je podatek, da je bilo v omenjenem obdobju največ inverzijskih dni poleti, z malenkostnim zaostankom (1 dan) je sledila pomlad, nato jesen (8 dni) ter na zadnjem mestu - s precej velikim zaostankom - zima (39 dni). Menimo, da so razlike posledica velike spremenljivosti vremena med posameznimi obdobji; iz dobljenih informacij ne moremo sklepati na splošno število inverzijskih dni v posameznih letnih časih v daljšem obdobju. Vseeno pa velja poudariti, da so temperaturne inverzije in JHZ pojav, ki ga najdemo po kotlinah tudi poleti. Tudi v poletnih nočeh so pogoji lahko ugodni za nastanek manjših JHZ, ki pa so bistveno plitvejša, manj izrazita in se brez izjeme razkrojijo s prvim jutranjim soncem.



Literatura

1. Kajfež, L. 1980: Talne in dvignjene temperaturne inverzije. Diplomsko delo, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo. Ljubljana.
2. Petkovšek, Z. 1979: Emisijski potencial SO₂ za večino kotlin Slovenije. Razprave, 23. Ljubljana.
3. Petkovšek, Z. 1978: Evaluation of Mean Emission Potential of the Air Pollution With SO₂ in Basins. Archives for meteorology, geophysics and bioclimatology, Series B. Wien. New York.
4. Petkovšek, Z. 1980: Additional relief meteorologically relevant characteristics of basins. Zeitschrift für Meteorologie 30. Berlin.
5. Pučnik, J. 1972: Temperaturne inverzije v Ljubljanski kotlini. Razprave, 14. Ljubljana.
6. Rakovec, J. 2004: Jezera hladnega zraka - slovenske raziskave. V: Pol stoletja Slovenskega meteorološkega društva. Ljubljana.
7. Žiberna, I. 1999: Temperaturni obrat v hriboviti Sloveniji. V: Sonaravni razvoj v Slovenskih Alpah in sosedstvu. Dela 13. Ljubljana.