HORIZONTALNI PADAVINSKI GRADIENTI V ALPSKIH DOLINAH SEVEROZAHODNE SLOVENIJE

dr. Matej Ogrin*, Erika Kozamernik**

*Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani,
Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana

**Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo,
Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana
e-pošta: matej.ogrin@ff.uni-lj.si, erika.kozamernik@gozdis.si

Izvirni znanstveni članek

COBISS 1.01

DOI: 10.4312/dela.49.5-36

Izvleček

Čeprav imajo Alpe med vsemi svetovnimi gorstvi najgostejšo mrežo padavinskih postaj, je na mikro ravni poznavanje padavinskih razmer marsikje še vedno slabo. Padavinske postaje v gorskih pokrajinah so zgoščene v nižinskih in poseljenih območjih. Na višje ležečih območjih je le-teh malo. V gorah je problematična tudi natančnost meritev. Posledično je informacija o padavinskih razmerah pomanjkljiva prav tam, kjer je količina padavin največja. Slednje pomeni pomanjkljive ocene vodne bilance in oteženo napovedovanje s padavinami povezanih procesov, med katere sodijo hudourniške poplave, usadi, zemeljski in snežni plazovi in podobno. Prispevek govori o horizontalnih gradientih padavin v alpskih dolinah Planica, Krnica in Beli potok, ki se nahajajo na severozahodu slovenskega dela Julijskih Alp. Rezultati nekajletnih meritev so pokazali, da so letni horizontalni gradienti padavin v Krnici znašali 162 mm/km, v dolini Belega potoka 192 mm/km in v Planici 216 mm/km. Gre za največje poznane horizontalne padavinske gradiente v Sloveniji. Prirast padavin glede na začetek doline je v dolini Belega potoka dosegel faktor 1,36, v Krnici 1,55 in v Planici kar 1,86.

Ključne besede: gorsko podnebje, horizontalni padavinski gradienti, meritve padavin, orografske padavine, Julijske Alpe, alpske doline

I UVOD

O orografskem učinku na količino padavin je na svoj način pisal že Valvasor, ki pravi: »Po dežju Kranjske ne žeja [...] Včasih ne vidiš oblačka, in glej nenadoma se v gorah, zlasti v visokih snežnikih, dvigne meglica, ki se takoj spremeni v ploho [...] In večkrat dežuje dvakrat, trikrat ali celo štirikrat na dan, posebno na Gorenjskem pod snežniki« (Valvasor,

1978, str. 93, 94). Besedilo torej nakazuje večjo namočenost gorskega sveta. Verjetno prvi, ki se je bolj podrobno lotil proučevanja padavinskih razmer na Slovenskem, je bil Ferdinand Seidl v poznanim delu *Das Klima von Krain* (1891). V proučevanju padavinskih razmer takratne Kranjske dežele je navedel podatke s padavinske postaje Kranjska Gora (*Kronau*) z letno količino padavin 1599 mm (Seidl, 1891). Tudi on je ugotovil, da ima bližina gora pomemben vpliv na količino padavin. Izpostavi tudi, da je z vidika količine padavin pomembnejša oddaljenost nekega kraja od gora kot pa njegova nadmorska višina (Seidl, 1891). Slednje danes razlagamo s procesi nastanka padavin in z neposrednim vplivom gora na količino padavin.

Z metodo ugotavljanja dejanskih količin padavin so se v sodobnem času ukvarjali tudi slovenski meteorologi. Za slovenski gorski svet je pomembna podnebna študija z naslovom *Klima Triglavskega Narodnega parka* (Pristov, Pristov, Zupančič, 1998). V tej študiji avtorji navajajo, da padavine običajno naraščajo z nadmorsko višino, kar pa ne velja vedno.

V dosedanjih raziskavah je bilo ugotovljeno, da so lahko na kratke razdalje, v smeri proti gorskim grebenom in proti zatrepom dolin, razlike v količinah padavin znatne. V zimi 2003/2004 je za območje Zahodnih Karavank nad Martuljkom in na območju krnice Pod Špikom Ogrin (2005) ugotovil, da je glede na meteorološko postajo Rateče v krnici Pod Špikom padlo 1,5-krat več padavin in na planini Grajščici 1,3-krat več padavin. Ogrin in Ortar (2007) sta nadaljevala raziskavo razporeditve padavin v gorah tudi v zimi 2005/2006, ko sta proučevala območja Spodnjih Bohinjskih gora (Peči). Rezultati meritev v eni zimski sezoni so pokazali, da je na najvišjih delih Peči količina padavin 200 % višja v primerjavi z izmerjeno količino padavin na severnem robu grebena. Glede na korigirano količino padavin na Voglu pa je bila izračunana količina padavin na grebenu še vedno 56 % večja.

Za poletno sezono ali celo za večletno obdobje podobnih študij ni na voljo. Novejše slovenske študije obsegajo tudi topoklimatske karte nekaterih gorskih območij, kot na primer topoklimatska karta Jezerskega in doline Kamniške Bistrice (Ogrin, Vysoudil, Ogrin, 2013; Ogrin, Koželj, Vysoudil, 2016). Ti dve študiji sicer ne temeljita na podrobnejših meritvah, obe pa nakazujeta večjo namočenost grebenov in zatrepov alpskih dolin in jo predstavita kot pomemben topoklimatski dejavnik. Najnovejša padavinska karta Slovenije (Povprečna letna ..., 2018) za to območje navaja 1800–3200 mm padavin letno.

Veliko raziskav orografskih procesov je tudi v ostalih alpskih državah in drugod po svetu (npr. Bonacina, 1945; Sharon, 1970; Barros, Lettenmaier, 1994; Blumer, 1994; Sevruck, 1997). Bach in Pryce (2013) navajata primere z indijske podceline, kjer količina padavin na Zahodnih Gatih preseže 5000 mm in nato na zavetrni strani hitro pade na 380 mm. Privetrna območja Škotskega višavja prejmejo okoli 4300 mm. Ustje reke Moray na zavetrni strani, približno 200 km stran, pa prejme le še okoli 600 mm. Še precej večje so razlike v gorah nižjih geografskih širin. Gorovje Blue Mountains na severovzhodu Jamajke prejme okoli 5600 mm padavin, prestolnica Kingston, ki je oddaljena le 56 km, pa 780 mm, kar nam prinese povprečni horizontalni padavinski gradient -86 mm/km v smeri zavetrja. Zelo veliki horizontalni gradienti padavin se pojavljajo tudi na Havajskem otočju. Z vrha gore Waialeale v zavetrni smeri količina padavin na štirikilometrskem odseku pada z gradientom 1875 mm/km (Blumenstock, Price, 1967). V gorovju Olympic

Mountains (zvezna država Washington, ZDA) na razdalji 48 km količina padavin v smeri zavetrja pade za 5900 mm, kar pomeni horizontalni padavinski gradient -120 mm/km v smeri stran od gora (Mass, 2008).

Vysoudil (2009) topoklimatske učinke, ki nastanejo pri obravnavanih procesih, povezuje z reliefom, in sicer s konveksnimi reliefnimi oblikami. Glavni razlog za obilnejše padavine v gorskih pokrajinah je v orografskem učinku. Slednji predstavlja dviganje zraka in njegovo kondenzacijo ob potovanju zračnih mas preko gora. Padavine so v gorah intenzivnejše, pogostejše in običajno trajajo tudi dlje časa. K večji namočenosti prispevajo tudi padavine iz megle, ki v resnici predstavlja oblak. Gre za ivje ali pa prestrezanje meglenih kapljic na vegetaciji in ostalih površinah. Na gorskih območjih višjih geografskih širin v oblačnih dneh v hladni polovici leta na privetnih straneh nastajajo večje količine ivja, ki pomembno prispevajo k skupni količini padavin na letni ravni (Bach, Pryce 2013).

Predmet naše raziskave so horizontalni gradienti padavin v alpskih dolinah. Gradient padavin definiramo kot spremembo količine padavin na določeno razdaljo. Poznamo višinski gradient (dR/dh), ki pomeni spremembo količine padavin z nadmorsko višino, in horizontalni gradient (dR/dx), ki predstavlja spremembo količine padavin v vodoravni smeri.

Ko govorimo o padavinskem gradientu v horizontalni smeri, gre v našem primeru za smer vzdolž posamezne alpske doline. V smeri proti grebenom je gradient pozitiven, v obratni smeri pa negativen. Količina padavin proti grebenom, kot posledica dviganja pobočij, narašča. Količina padavin je tako v bližini gora v primerjavi z ravninskimi predeli na isti nadmorski višini bistveno večja.

2 PROUČEVANO OBMOČJE

Območje raziskovanja predstavlja Zgornjesavska dolina ter tri stranske doline, ki se iz Zgornjesavske doline odcepijo proti jugu in ležijo v osrednjem delu Julijskih Alp. To so doline Krnica, Planica in dolina Belega potoka.

Dolina Belega potoka je tipična obvisela dolina. V dolžino meri približno dva kilometra, tako višinski profil kot tudi morfologija doline pa sta zelo raznolika. V zatrepnem delu se dolina razširi in zavije proti jugozahodu ter na koncu proti zahodu, en krak pa proti jugovzhodu. V zatrepu jo z vseh strani zapirajo vrhovi Martuljkove skupine: Sleme nad Vrtaško planino (2051 m), Kukova Špica (2453 m) in Vršič nad Belim potokom (1696 m). Dežemer je bil postavljen na pobočju v zatrepnem delu doline, na nadmorski višini 1400 m in razdalji 2,9 km od začetka doline.

Dolina Krnica predstavlja zgornji del doline Velike Pišnice, ki se začne pri Kranjski Gori in poteka pretežno v smeri sever-jug. Dolina se v zgornjem delu usmeri proti jugovzhodu, kjer se konča v obliki krnice pod ostenji Prisojnika (2547 m), Kriške stene (2375 m) ter Razorja (2501 m). Kranjska Gora leži na nadmorski višini 810 m, dolina Krnica pa se enakomerno vzpenja do nadmorske višine okoli 1150 m, kjer preide v zatrepni del, kjer se tik pod Kriško steno dvigne vse do 2000 m. Celotna dolžina doline od Kranjske Gore do Kriške stene je 8,4 km. V dolini Krnica so meritve potekale v zgornjem delu doline, približno 2,5 km od vznožja Kriške stene, na nadmorski višini 1250 m. Oddaljenost merilnega mesta od padavinske postaje v Kranjski Gori znaša 5,9 km.

Slika 1: Območje proučevanja z lokacijami merilnih mest.

Dolina Planica je izmed vseh treh najbolj zahodno ležeča alpska dolina in poteka pretežno v smeri sever–jug. Začne se na delu Rateškega polja, imenovanem Ledine, kar je na nadmorski višini okoli 820 m. Od tod se približno enakomerno vzpenja do nadmorske višine okoli 1200 m, kjer se začne zatrepni del doline, ki se zaključi z ostenjem Jalovca (2645 m). Dolino zapirajo ostenja Macesnovca, Rateških Ponc (2274 m), Vevnice (2342 m) ter Jalovca (2645 m) na zahodu in ostenja Ciprnika (1745 m), Slemenove špice (1911 m) ter Travnika (2379 m) na vzhodu. Od Rateškega polja do zatropa je dolina dolga približno 8,8 km. V Planici je bilo število merilnih mest največje. Postavljena sta bila dva dežemera, v analizo padavinskih razmer pa smo vključili še dve merilni mesti ARSO (Agencije Republike Slovenije za okolje). To sta meteorološka postaja v Ratečah, ki je na stiku Planice in Zgornjesavske doline, ter totalizator pri planinski koči v Tamarju. Dežemer na območju Mokrega potoka (1060 m) je bil od meteorološke postaje v Ratečah oddaljen 3,6 km, totalizator v Tamarju (1110 m) okoli 5,4 km, dežemer v Črnih vodah (1260 m) pa okoli 6,6 km.

3 METODOLOGIJA RAZISKAVE

Meritve padavin so potekale v poletnih sezonah od sredine ali konca maja do druge polovice novembra, in sicer v obdobju med leti 2012–2015. Dežemerji so bili prirejeni le za meritve dežja oziroma majhnih količin snega (do 20 cm), saj padavin niso talili. Padavinska voda iz lovilne posode se je preko lija in ozke cevi pretakala v 50–100 l velike

Slika 2: Primer dežemera z lijem (a) in lovilno posodo (c), ki ju med seboj povezuje ozka cev (b) (foto: E. Kozamernik).

posode. Na koncu meritev smo izmerili deževnico, ki se je akumulirala v slednjih. Ker so meritve trajale do novembra, smo v posode dodali kuhinjsko sol, ki je preprečila zmrzovanje deževnice v lovilni posodi. Izhlapljanje vode iz posode je bilo zanemarljivo, saj je bila posoda z dežemerom povezana preko skoraj meter dolge ozke cevi s premerom 2 cm.

Za oris padavinskih razmer smo uporabili podatke z bližnjih padavinskih postaj Agencije RS za okolje. To so bili podatki iz totalizatorja v Planici, ki se nahaja pri planinskem domu v Tamarju, podatki z meteorološke postaje Rateče ter podatki s padavinske postaje Kranjska Gora. Datumi meritev so navedeni v preglednici 1.

Lovilna posoda s površino 200 cm² je bila pritrjena ter postavljena v vodoravni položaj približno 1,8 m nad tlemi. Ob koncu merilnega obdobja smo raztopino deževnice in soli v totalizatorju stehali ter od mase raztopine odšteli maso soli, ki je bila predhodno dodana v vodo.

Preglednica 1: Obdobja meritev v posameznih sezonah.

Leto	Začetek meritev	Konec meritev
2012	27. 4. 2012	24. 11. 2012
2013	25. 5. 2013	16. 11. 2013
2014	6. 6. 2014	23. 11. 2014
2015	2. 5. 2015	12. 11. 2015

3.1 Napake meritev

Pri meritvah padavin v gorskih območjih so napake večje kot v nižinskih območjih. Glavna razloga za napake sta velika vetrovnost in večji delež snežnih padavin, vplivata pa tudi omočenost dežemera in izhlapevanje (Sevruk, 1997; Pristov, Pristov, Zupančič, 1998). Zlasti pri snežnih padavinah je napaka meritev lahko precejšnja. Yang in sodelavci (1994) navajajo, da v primeru sneženja dežemeri ujamejo le 22–87 % padavin, Sevruk (1972) pa v primeru snežnih neviht na strmih, izpostavljenih pobočjih navaja napake celo do 80 oziroma 90 %.

Za območje naše raziskave so Pristov in sodelavci (1998) ugotavljali vplive napak meritev padavin in izračunali korekcijske faktorje. Ocenjene napake so precej nižje od tistih, ki jih navajajo Sevruk (1972) ali Yang s sodelavci (1994). Za dolinske postaje so korekcijski faktorji razmeroma majhni. V Ratečah, Kranjski Gori in Mojstrani, ki so padavinske postaje na dnu Zgornjesavske doline (650–850 m nadmorske višine), znaša korekcijski faktor 1,04. Malce višje, na nadmorski višini 1000–1100 m, so izračunani korekcijski faktorji takšni: Planina pod Golico (970 m) 1,06, Javorniški Rovt (940 m) 1,03, Predel (1156 m) 1,09, Gorjuše (980 m) 1,06. Na višini okoli 1500 m pa je bil faktor na Voglu (1510 m) 1,09, na Komni (1515 m) pa 1,16.

Dežemeri, ki so del te raziskave, so bili postavljeni na nadmorski višini med 750 m in 1400 m. Postavljeni so bili v dna dolin ali v zatrepnih delih, kjer je vetra bistveno manj v primerjavi z vrhovi in grebeni. Poleg tega smo merili le v poletni sezoni oziroma skoraj izključno padavine v obliki dežja. V primeru sneženja v času izvajanja meritev debelina snežne odeje ni presegla 20 cm, kar pomeni, da so tudi snežne padavine ostale v

dežemerih in se nato stalile ter odtekle v obliki snežnice v lovilno posodo. Ocenjujemo, da so napake v našem primeru znašale do 10 %.

Preglednica 2: Korekcijski faktorji za meritve padavin na izbranih postajah na območju proučevanja (Pristov, Pristov, Zupančič, 1998).

Padavinska postaja (nadmorska višina)	Korekcijski faktor
Rateče (864)	1,04
Planina pod Golico (970 m)	1,06
Javorniški Rovt (940 m)	1,03
Predel (1156 m)	1,09
Gorjuše (980 m)	1,06
Vogel (1510 m)	1,09
Komna (1515 m)	1,16

4 REZULTATI

V nadaljevanju navajamo rezultate meritev padavin po posameznih dolinah.

Preglednica 3: Količina padavin (mm) v zatrepu doline Beli potok in v Gozdu Martuljku ter razmerje med količinami padavin na obeh postajah v poletnih sezonah 2013, 2014 in 2015.

Leto	Padavine Beli potok (mm)	Padavine Gozd Martuljek (mm)	Beli potok/Gozd Martuljek
2013	967	687	1,41
2014	1302	988	1,32
2015	1283	945	1,36

Preglednica 3 kaže znatno razliko v količini padavin med zatrepom doline Belega potoka in Gozdom Martuljkom. V treh poletnih sezonah razmerje nikoli ni padlo pod 1,32, aritmetična sredina razmerij pa znaša 1,36. V zatrepu doline, ki je 1,8 km južneje, je padlo za 36 % več padavin kot na začetku doline, na nadmorski višini 750 m.

Preglednica 4: Količina padavin (mm) v zatrepu doline Krnica in v Kranjski Gori ter razmerje med količinami padavin na obeh postajah v poletnih sezonah 2013, 2014 in 2015.

Leto	Padavine Krnica (mm)	Padavine Kranjska Gora (mm)	Krnica/Kranjska Gora
2013	1350	835	1,62
2014	1664	1140	1,46
2015	1572	1004	1,57

Dežemer v Krnici je bil od meteorološke postaje v Kranjski Gori oddaljen približno 7,4 km. Prirast padavin glede na Kranjsko Goro ni bil v nobeni sezoni manjši od faktorja 1,46, aritmetična sredina pa znaša 1,55. Na podlagi triletnih meritev v poletni sezoni sklepamo, da zatrepni del doline Krnica v poletnem času prejme v primerjavi s Kranjsko Goro približno 50 % več padavin.

Preglednica 5: Količina padavin (mm) in razmerja med posameznimi merilnimi mesti v dolini Planica v poletnih sezonah 2012, 2013, 2014 in 2015.

Leto	Padavine Črne vode (mm)	Padavine Tamar (mm)	Padavine Mokri potok (mm)	Padavine Rateče (mm)
2012	2325	2162	1858	1282
2013	1607	1374	1190	728
2014	1864	1586	1521	1011
2015	1581	1389	1299	995
Aritmetična sredina	1844	1627	1467	1004
	Črne vode/Rateče	Tamar/Rateče	Mokri potok/Rateče	
2012	1,81	1,69	1,45	
2013	2,21	1,89	1,63	
2014	1,84	1,57	1,50	
2015	1,59	1,40	1,31	
Aritmetična sredina	1,86	1,64	1,47	

V dolini Planica smo opravili največ meritev. Te nam kažejo skoraj linearen prirast vzdolž doline na razdalji od postaje ARSO v Ratečah do postaje pri Črnem potoku. Aritmetična sredina faktorjev prirasta je 1,47 v Mokrem potoku, 1,64 pri planinskem domu v Tamarju ter 1,86 pri Črnih vodah.

Slika 3: Aritmetična sredina faktorjev prirasta padavin (v %) v Planici glede na Rateče za poletne sezone 2012–2015.

5 IZRAČUN HORIZONTALNIH PADAVINSKIH GRADIENTOV

Horizontalni gradienti padavin nam povedo spremembo količine padavin na določeni razdalji. Gradienti na kratke razdalje so najpogostejše posledica spremembe nadmorske višine nekega območja, kar vpliva na dvig ali spust zračnih mas ob pomikanju preko tega območja. Tako so pozitivni gradienti največkrat posledica intenzivnosti dviganja površja in posledično tudi dviganja zračnih mas, negativni gradienti pa posledica spuščanja le-teh. Največja količina padavin na letni ravni pade v okolici gorskih grebenov oziroma najvišjih delov gora, če ti ne presežejo višine največje namočenosti. Količina padavin z nadmorsko višino narašča le do višine baze oblaka, nato pa upada (Lauer, 1975). Vsebnost zračne vlage se od baze oblaka navzgor znižuje (Miniscloux, Creutin, Anquetin, 2001). Meja te višine je v različnih geografskih širinah različna (McGinnis, 2000; Barry, 2008). V tropskih območjih je le-ta nižja kot v zmernih geografskih širinah.

Preglednica 6: Gradienti padavin za poletne sezone 2012–2015 v Planici in za poletne sezone 2013–2015 v Krnici in Belem Potoku.

Leto	Poletni padavinski gradient Beli Potok (mm/km)	Poletni padavinski gradient Krnica (mm/km)	Poletni padavinski gradient Planica (mm/km)
2012	...	...	158
2013	97	87	133
2014	108	89	129
2015	117	96	89
Aritmetična sredina	107	91	127

Za obdobje meritev smo izračunali precej podobne padavinske gradiente, katerih aritmetična sredina je 89 mm/km v dolini Planica in 91 mm/km v Krnici, v dolini Belega potoka pa znaša nekoliko več, in sicer 107 mm/km. Za Beli Potok in Krnico je v triletnem obdobju standardni odklon znašal 8,2 oziroma 3,9 mm/km, za Planico pa je bil v štiriletnem obdobju 24,8 mm/km, za enako obdobje kot pri ostalih dolinah pa znaša 13 mm/km. Nizki standardni odkloni kažejo na precej podobne poletne padavinske gradiente med leti.

V preglednici 7 so navedeni gradienti padavin, preračunani na letno raven. Preračunani so bili na osnovi podatkov o celoletnih padavinah za Rateče in Kranjsko Goro. Za Gozd Martuljek smo pripravili oceno celoletnih padavin glede na padavine v Kranjski Gori.

Celoletno količino padavin v obravnavanih dolinah smo dobili tako, da smo za posamezno dolino poletno količino padavin pomnožili z razmerjem med celoletno količino padavin in poletno količino padavin v najbližji padavinski postaji. V našem primeru sta to padavinski postaji Rateče in Kranjska Gora.

$$RR_{\text{Tamar leto } i} = \text{poletne } RR_{\text{Tamar leto } i} * (RR_{\text{Rateče leto } i} / \text{poletne } RR_{\text{Rateče leto } i})$$

$$RR_{\text{Krnica leto } i} = \text{poletne } RR_{\text{Krnica leto } i} * (RR_{\text{Kranjska Gora leto } i} / \text{poletne } RR_{\text{Krnica leto } i})$$

$$RR_{\text{Beli potok leto } i} = \text{poletne } RR_{\text{Beli potok leto } i} * (RR_{\text{Martuljek leto } i} / \text{poletne } RR_{\text{Martuljek leto } i})$$

$$RR_{\text{Martuljek leto } i} = \text{poletne } RR_{\text{Martuljek leto } i} * (RR_{\text{Kranjska Gora leto } i} / \text{poletne } RR_{\text{Kranjska Gora leto } i})$$

RR= količina padavin

Preglednica 7: Gradienti padavin na letni ravni za obdobje 2012–2015 v Planici in za obdobje 2013–2015 v Krnici in Belem potoku.

Leto	Letna količina padavin (RR) (mm)	Letna količina padavin (RR) (mm)	Razlika v količini padavin (mm)	Razdalja (km)	Letni padavinski gradient (mm/km)
	Rateče	Črne vode			Planica
2012	1700	3163	1462	6,6	222
2013	1600	2977	1376	6,6	208
2014	2084	3876	1792	6,6	272
2015	1233	2293	1060	6,6	161
Aritmetična sredina	1654	3077	1423	6,6	216
	Kranjska Gora	Krnica			Krnica
2013	1757	2724	966	5,9	164
2014	2315	3587	1273	5,9	216
2015	1255	1944	690	5,9	117
Aritmetična sredina	1776	2752	976	5,9	165
	Gozd Martuljek	Beli Potok			Beli potok
2013	1541	2170	628	2,9	217
2014	2030	2676	645	2,9	222
2015	1100	1494	394	2,9	136
Aritmetična sredina	1557	2113	556	2,9	192

Gradienti padavin na letni ravni nam kažejo precej velike vrednosti. Največji gradient je v Planici. Aritmetična sredina štirih let znaša kar 216 mm/km s standardnim odklonom 40 mm/km. V Belem potoku je padavinski gradient 192 mm/km s standardnim odklonom 39 mm/km in v Krnici 165 mm/km s standardnim odklonom 40 mm/km. Razlogi za razlike v padavinskih gradientih so po našem mnenju v usmerjenosti in naklonih dolin.

Slika 4: Primerjava padavinske karte terenskih meritev v obdobju 2012–2015 s padavinsko karto korigiranih padavin za obdobje 1971–2000 (ARSO, 2015).

6 RAZPRAVA

Planica poteka pravokotno na glavni greben zahodnih Julijskih Alp in se konča v zatrepu, ki je obdan z vrhovi, višjimi od 2000 m. Proti izhodu se hitro spušča in odpira ter pri Ratečah precej razširi in odpre. Dolina Belega potoka je sicer precej krajša od ostalih dveh, vendar pa je njen naklon precej večji in se na razdalji 2,9 km spusti za okoli 700 metrov. Velik naklon dna doline povzroči hiter padec količine padavin. Dolina Krnica ima glede na izmerjeno količino padavin manjši gradient. Deloma zaradi večje količine padavin v Kranjski Gori v primerjavi z Ratečami, deloma pa zaradi nižje količine padavin v zatrepu. Prvo je posledica manjše odprtosti Zgornjesavske doline pri Kranjski Gori v primerjavi z Ratečami. Rateče ležijo na karavanški strani Zgornjesavske doline in tam je spuščanje zraka ob južnih vetrovih bolj izrazito kot v Kranjski Gori, kar nam potrjuje tudi fensko okno ob južnih padavinskih situacijah. Le-to je v Ratečah pogostejše in bolj izrazito kot v Kranjski Gori. Po drugi strani pa je bila v zatrepnem delu Planice izmerjena večja količina padavin kot v Krnici, kar je posledica drugačne lege doline. Krnica leži v zavetrni legi osrednjega masiva Julijskih Alp, deloma že v zavetrju Triglavskega pogorja, medtem ko dolina Planica v svojem zatrepu doseže ostenje Jalovca, kjer se že pozna padavinski vpliv Zgornjega Posočja, ki je najbolj namočeno območje v Sloveniji.

Padavinske gradiente v alpskih dolinah lažje vrednotimo, če jih primerjamo z nekaterimi drugimi izbranimi padavinskimi gradienti v Sloveniji, ki smo jih izračunali iz padavinskih postaj mreže ARSO. Padavinske postaje mreže ARSO so med seboj bolj oddaljene, kot so bila merilna mesta v okviru naše raziskave. Na gradiente pa močno vpliva oblikovanost površja. Največje gradiente lahko pričakujemo na območjih, kjer gorski masivi prehajajo v nižine.

V primeru izbranih profilov v preglednici 8 je tak primer gradienta iz Mrzle Rupe, ki leži v zaledju Trnovskega gozda, v smeri Zalošč v Vipavski dolini. Na razdalji 17 km je padavinski gradient kar -70 mm/km. Podoben je tudi profil od Kamniške Bistrice proti severnemu delu Ljubljanske kotline, kjer smo vzeli podatke z meteorološke postaje Letališča Jožeta Pučnika Ljubljana. Čeprav je Kamniška Bistrica dolinska postaja, se nahaja blizu osrednjega dela Kamniško-Savinjskih Alp in je že pokazatelj količine padavin v osrednjem delu tega pogorja. Postaj, ki bi bile višje in hkrati del osrednjega dela Kamniško-Savinjskih Alp, na južni strani ni. Obstaja sicer višje ležeča postaja Krvavec, ki pa je po podatkih sodeč manj namočena, zaradi njene lege pa je vprašljiva tudi kakovost podatkov. Na tem profilu, na razdalji 15 km, padavinski gradient znaša -47 mm/km. Zanimiv je tudi profil preko gorske pregrade, in sicer profil od Kamniške Bistrice do Logarske doline. Na razdalji 9,5 km je padavinski gradient -30 mm/km. Tu je potrebno poudariti, da ni na voljo podatkov, ki bi bolje opisali padavinske razmere blizu grebena osrednjega dela Kamniško-Savinjskih Alp (tj. pogorje Grintovcev). Predvidevamo lahko, da je območje bližje grebenom še bolj namočeno in bi bil tudi gradient temu primerno večji. V ostalih primerih padavinskih gradientov v *Preglednici 8* smo izbrali profile od Zgornjega Posočja proti Jadranskemu morju. Ker gre za večje razdalje, je razumljivo, da se vrednosti gradientov približujejo ničli. Če primerjamo padavinske gradiente v preglednicah 7 in 8 vidimo, da so absolutne vrednosti gradientov v izbranih dolinah precej višje. Razlogi za to so:

- velika namočenost zatrepnih delov dolin, ki segajo v osrednje in Zahodne Julijske Alpe;
- usmerjenost dolin od osrednjega dela proti severu, kjer prihaja do hitre fenizacije;
- doline ne potekajo vzdolž grebenov, pač pa bolj ali manj prečno na postavitev masiva, kar pripomore k večjim padavinskim gradientom;
- hitro spuščanje gorskih grebenov vzdolž dolin, kar krepi fenizacijo v smeri oddaljevanja od gora.

Doline v Julijskih Alpah najdemo tudi na južni strani, kjer je površje bolj razčlenjeno. Tam doline ne potekajo prečno na osrednji greben (npr. Trenta, Koritnica). Nekatere so izrazito zaprte v smeri proti jugu in z vseh strani obdane z visokimi gorami (Zadnjica, Zadnja Trenta, Bavšica) in je zato fenizacija manj izrazita. Poleg tega prihaja do izrazite orografske krepitve padavin že v predgorju Julijskih Alp, tako da se večji gradienti pojavijo že na območju od Vipavske doline v smeri Trnovskega gozda.

Preglednica 8: Padavinski gradienti na nekaterih izbranih razdaljah v Sloveniji.

Usmerjenost gradienta	Razdalja (km)	Padavinski gradient (mm/km)	Merilno obdobje
Mrzla Rupa (930 m)–Zalošče (75 m)	17	–70	2000–2015
Kamniška Bistrica (650 m)– Letališče Jožeta Pučnika (364 m)	15	–47	2000–2006 in 2008–2015
Kamniška Bistrica (650 m)–Logarska dolina (740m)	9,5	–30	2000–2005 in 2007–2009
Soča (487 m)–Bilje (55 m)	49	–25	2000–2015
Soča (487 m)–Trst (67 m)	78	–22	2000–2009
Podljubelj (679 m)–Naklo (403 m)	15	–17	2000–2015
Soča (487 m)–Portorož (2 m)	96	–17	2000–2015

Vir podatkov: ARSO, 2018; HISTALP, 2018; Weather online, 2018.

7 SKLEP

V okviru raziskave je bilo ugotovljeno, da se padavinski gradienti v alpskih dolinah lahko precej razlikujejo. Na gradiente vplivajo usmerjenost dolin, njihov naklon ter morfologija okolice. V dolinah Planica, Krnica in Beli potok, ki se nahajajo v Julijskih Alpah na severozahodu Slovenije, so padavinski gradienti na letni ravni v proučevanem obdobju dosegli vrednosti 162 mm/km v Krnici, 192 mm/km v dolini Belega potoka in 216 mm/km v dolini Planica ter sodijo med najvišje poznane gradiente v Sloveniji. Pri tem je treba poudariti, da so lokalne padavinske značilnosti v ostalih dolinah še precej slabo poznane. Količina padavin v zatrepnih delih obravnavanih dolin glede na najnižjo točko doline naraste za faktor 1,36 v Belem potoku, 1,55 v Krnici in kar 1,86 v Planici. To potrjuje predhodne ugotovitve v okviru drugih raziskav o prirastu padavin v gorskih območjih. Hkrati nas opozarja, da je treba te ugotovitve prenesti tudi v praktična znanja pri vrednotenju posledic padavinskih prirastov proti najvišjim delom gora. Ugotovitve so pomembne z vidika varstva pred snežnimi plazovi, vrednotenja izrednih padavinskih dogodkov in z njimi povezanih naravnih nesreč. Sklenemo lahko, da padavinska in posledično podnebna pestrost gorskih območij odkriva novo področje geodiverzitete kot raznolikosti neživega sveta, ki se v gorskih območjih kaže ne le na ravni reliefnih oblik, pač pa tudi podnebnih pojavov.

Zahvala

Avtorja se za pomoč pri meritvah zahvaljujeta Filipu Štucinu, Petru Steletu, Gregorju Vertačniku, Ajdi Kafol Stojanović, Tilnu Siršetju, Gašperju Petretiču, Marku Podlesniku, Jaki Ortarju in Mojci Ošep.

Literatura in viri

- ARSO. 2015. Lidar. URL: http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso (citirano 25. 9. 2018).
- ARSO. 2018. Arhiv meteoroloških podatkov ARSO. URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydIJWbIR3LwV-naz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp-5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf>, (citirano 9. 8. 2018).
- Bach, J., A., Pryce, L. W., 2013. Mountain climate. V: Mountain Geography, Physical and Human Dimensions. Los Angeles, University of California Press, 400 str.
- Barros, A. P., Lettenmaier, D. P., 1994. Dynamic modeling of orographically induced precipitation. *Reviews of Geophysics*, 32, 3, str. 265–284.
- Barry, R. G., 2008. Mountain Weather and Climate. Cambridge, Cambridge University Press, 506 str.
- Blumenstock, D. I., Price, S., 1967. The climate of Hawaii. V: Climates of the States, Vol. 2: Western States. Port Washington, NY, Water Information Center, str. 481–975.
- Blumer, F., 1994. Altitudinal dependence of precipitation in the Alps. Zürich, Swiss Federal Institute of Technology, 242 str.
- Bonacina, L. C. W., 1945. Orographic rainfall and its place in the hydrology of the globe. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, 71, 307–308, str. 41–55.
- HISTALP. 2018. Historical instrumental climatological surface time series of greater Alpine region. URL: <http://www.zamg.ac.at/histalp/dataset/station/csv.php> (citirano 15. 8. 2018).
- Lauer, W., 1975. Klimatische Grundzüge der Höhenstufung tropischer Gebirge. V: Steiner, F. (ur.). Tagungsbericht und Wissenschaftliche Abhandlungen des 40. Deutscher Geographentag. Innsbruck, str. 79–90.
- Mass, C., 2008. Weather of the Pacific Northwest. Seattle, University of Washington Press, 336 str.
- McGinnis, D. L., 2000. Synoptic controls on upper Columbia River basin snowfall. *International Journal of Climatology*, 20, str. 131–149.
- Miniscloux, F., Creutin, D., Anquetin, S., 2001. Geostatistical analysis of orographic rainbands. *Journal of Applied Meteorology*, 40, str. 1835–1854.
- Ogrin, D., Koželj, T., Vysoudil, M., 2016. Lokalno podnebje in topoklimatska karta Jezerskega. *Dela*, 45, str. 5–30.
- Ogrin, D., Vysoudil, M., Ogrin, M., 2013. Splošne podnebne razmere Gorenjske in lokalno podnebje Kamniške Bistrice. V: Mrak, I. et al. Gorenjska v obdobju globalizacije. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete, str. 9–30.
- Ogrin, M., 2005. Measuring winter precipitation with snow cover water accumulation in mountainous areas. *Acta geographica Slovenica*, 45, 2, str. 63–91.
- Ogrin, M., Ortar J., 2007. The importance of water accumulation of snow cover measurements in mountainous regions of Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 47, 1, str. 47–71.

- Povprečna letna višina korigiranih padavin, 2018. URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/precipitation/mean-annual-corrected-precipitation_71-00.png (citirano 9. 8. 2018).
- Pristov, P., Pristov, N., Zupančič, B., 1998: Klima Triglavskega Narodnega parka. Bled, HMZS, TNP, 60 str.
- Seidl, F., 1891. Das Klima von Krain. Laibach, Kleinmayr & Fed. Bamberg, 649 str.
- Sevruk, B., 1972. Precipitation measurements by means of storage gauges with stereo and horizontal orifices in the Baye de Montreux Watershed, World Meteorological Organization, WMO/OMM, 326, str. 86–95.
- Sevruk, B., 1997. Regional dependency of precipitation – altitude relationship in the Swiss Alps. *Climate Change*, 36, 3–4, str. 355–369.
- Sharon, D., 1970. Topography-conditioned variations in rainfall as related to the runoff-contributing areas in a small watershed, *Israel Journal of Earth Sciences*, 19, 1, str. 85–89.
- Valvasor, J., V., 1978. Slava Vojvodine Kranjske. Ljubljana, Mladinska knjiga, 365 str.
- Vysoudil, M., 2009. Classification of local climatic effects. *Geografický časopis*, 61, 3, str. 229–241.
- Weather online. 2018. URL: <https://www.weatheronline.co.uk/weather/maps/city?FM M=1&FYY=2000&LMM=12&LYY=2015&WMO=16110&CONT=euro®ION=0005&LAND=IY&ART=PRE&R=160&NOREGION=1&LEVEL=162&LANG=en&MOD=tab> (citirano 9. 8. 2018).
- Yang, D., Sevruk, B., Elomaa, E., Golubev, V., Goodison, B., Gunther, T., 1994. Wind-induced error of snow measurement: WMO intercomparison results. *Annalen der Meteorologie*, 30, str. 61–64.