

6 Podnebne spremembe in njihovi pokrajinski učinki na Kozjanskem

Matej Ogrin, Darko Ogrin, Tim Gregorčič, Iztok Miklavčič[†]

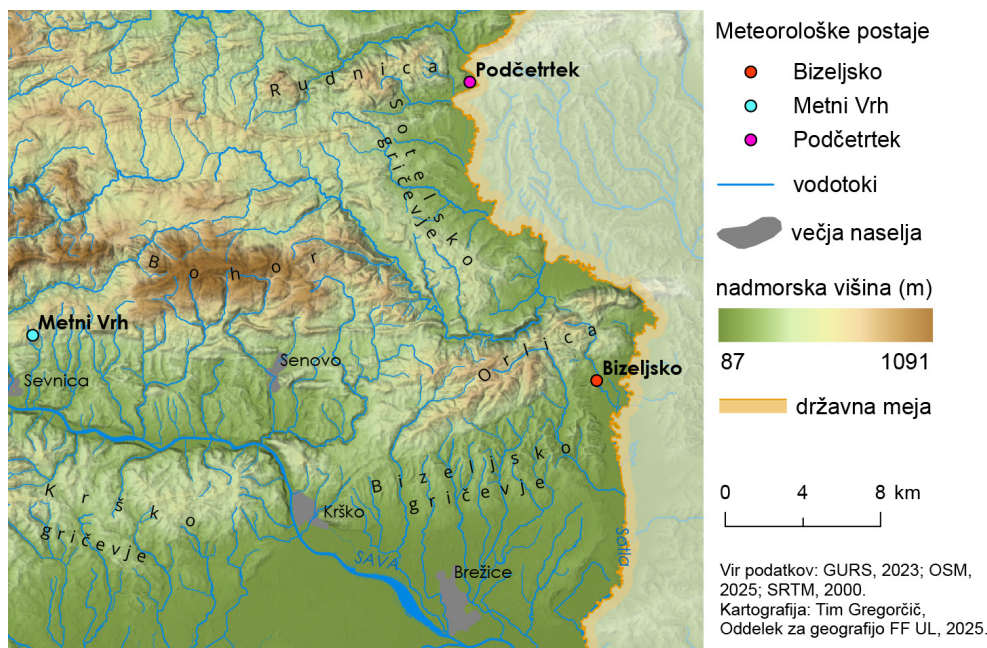
6.1 Uvod

Slovenija, enako kot večji del srednjeevropskega prostora in Alp, doživlja podnebne spremembe, ki so hitrejšje od svetovnega povprečja (Climate change and ... 2025). Vremensko in podnebno dogajanje zadnjih treh desetletij pritrjuje podnebnim projekcijam za prva desetletja 21. stoletja, ki segajo v devetdeseta leta prejšnjega stoletja (npr. Gams 1991; Gams 1998). Raziskave svetovnega podnebja in antropogenega vpliva nanj so potrdile povezavo med izpusti toplogrednih plinov ter naraščanjem globalne temperature zraka. Dinamika vremenskih in podnebnih procesov zadnjih desetletij potrjuje, da podnebje ni več stabilen dejavnik geosfere, saj so antropogeni vplivi na podnebje preveliki, da bi jih lahko geosfera nevtralizirala. Namen prispevka je osvetliti dinamiko podnebnih sprememb v zadnjih desetletjih na Kozjanskem in nakazati pokrajinske spremembe, ki so, ali potencialno bodo, posledica podnebnih sprememb.

Povprečna temperatura zraka se je v Sloveniji v obdobju 1961–2011 dvignila za 1,7 °C, pri čemer je bilo ogrevanje na vzhodu malenkost večje kot na zahodu Slovenije. V istem obdobju se je količina padavin na zahodu Slovenije zmanjšala za 15 %, na vzhodu pa za 10 %, vendar trend ni statistično značilen. Skupna višina snežne odeje v Sloveniji se je zmanjšala za 55 %, višina novozapadlega snega pa za 40 % (Podnebna spremenljivost Slovenije 2018). Ogrevanje in spreminjanje podnebja se ni ustavilo in je v drugem desetletju 21. stoletja dobilo dodaten zagon, kar velja tudi za Kozjansko.

Za oris podnebnih sprememb na Kozjanskem smo uporabili podatke meteoroloških postaj Agencije Republike Slovenije za okolje ARSO s širšega območja Kozjanskega, in sicer za Podčetrtek, Bizeljsko in Metni Vrh. Meteorološka postaja Bizeljsko je postavljena v široki dolini na nadmorski višini 174 m. Je tipična nižinska postaja s pogostim temperaturnim obratom (Nadbath 2013). Za Podčetrtek imamo na voljo podatke z dveh lokacij. Padavine in snežno odejo je spremljala padavinska postaja na nadmorski višini 251 m, temperaturni podatki pa so s samodejne meteorološke postaje, ki deluje v sklopu Term Olimia na nadmorski višini 202 m (Nadbath 2014). Tudi ta ima nižinsko lego med gričevjem. Padavinska postaja Metni Vrh se nahaja severno od Sevnice v istoimenskem naselju na nadmorski višini 474 m in je primerna za prikaz podnebnih razmer višjih predelov obravnavane pokrajine.

Slika 6.1: Širše območje Kozjanskega z lokacijami meteoroloških postaj.



6.2 Nekateri kazalci spreminjanja podnebja na Kozjanskem v obdobju 1991–2020

Spreminjanje temperature zraka in s temperaturo povezanih karakterističnih dni ter letne višine padavin in trajanje snežne odeje smo za izbrane postaje v obdobju 1991–2020 spremljali po desetletnih obdobjih (1991–2000, 2001–2010 in 2011–2020). Tako lahko vidimo spreminjanje podnebja v krajšem obdobju od sicer uveljavljenega 30-letnega obdobja, ki velja za referenco v klimatologiji. Razlog je ta, da je hitrost podnebnih sprememb tako velika, da že znotraj 10-letnih obdobj zaznamo pomembne razlike ogrevanja.

6.2.1 Povprečne letne temperature zraka

Povprečne letne temperature zraka so v posameznih desetletjih na Bizeljskem za 0,5 do 0,6 °C višje kot v Podčetrtku. Podobno je pri povprečnih maksimalnih temperaturah, medtem kot pri povprečnih minimalnih temperaturah te razlike ne presežejo 0,2 °C. V vseh primerih je Podčetrtek nekoliko hladnejši od Bizeljskega. Nadmorska višina ne more biti razlog razlike, saj je med postajama le 28 m razlike, niti ne lega katere od postaj nad lokalnim jezerom hladnega zraka oz. v njem, saj so minimalne temperature zelo podobne. Sklepamo, da je razlika posledica različne ekspozicije, lahko pa tudi lokalne prevetrenosti, ki omogoča višje maksimume na Bizeljskem. Trend desetletnih vrednosti povprečnih letnih ter povprečnih letnih minimalnih in maksimalnih temperatur je naraščajoč. Desetletna povprečna letna temperatura

zraka se je v 30 letih dvignila za 1,2 (Podčetrtek) oz. za 1,3 °C (Bizeljsko), pri čemer je bil porast v zadnjem desetletju večji od porasta v predzadnjem (0,5 °C v drugem desetletju in 0,7 oz. 0,8 °C v zadnjem).

Preglednica 6.1: Povprečne letne ter povprečne letne minimalne in maksimalne temperature zraka (v °C) na širšem območju Kozjanskega po desetletjih v obdobju 1991–2020.

Desetletje	Povprečna letna temperatura zraka		Povprečna letna minimalna temperatura zraka		Povprečna letna maksimalna temp. zraka	
	Podčetrtek	Bizeljsko	Podčetrtek	Bizeljsko	Podčetrtek	Bizeljsko
1991–2000	9,9	10,4	5,4	5,5	15,5	16
2001–2010	10,4	10,9	5,7	5,9	16	16,5
2011–2020	11,1	11,7	6,5	6,6	17	17,5

Vir podatkov: ARSO.

Povprečne letne minimalne temperature so bile na obeh meteoroloških postajah v zadnjem desetletju za 1,1 °C višje kot v prvem desetletju proučevanega obdobja. Tudi pri njih je bil trend segrevanja med predzadnjim in zadnjim obdobjem izrazitejši kot med prvima dvema desetletjema. Največji porast temperatur je opazen pri povprečnih letnih maksimalnih temperaturah. Te so se v opazovanem obdobju dvignile za 1,5 °C. Desetletje 2001–2010 je bilo pri najvišjih dnevniških temperaturah v povprečju za 0,5 °C toplejše od desetletja 1991–2000, desetletje 2011–2020 pa za 1 °C od 2001–2010. Iz podatkov lahko sklepamo, da so se v nižje ležečih predelih obravnavane pokrajine dnevi hitreje segrevali od noči.

6.2.2 Dnevi s karakterističnimi temperaturami

Dnevi s karakterističnimi ali značilnimi temperaturami so dnevi, ko temperatura zraka preseže določeni prag (se dvigne nad ali spusti pod to mejo). V obdobju 1991–2020 smo po desetletjih analizirali ledene, hladne, tople (poletne) in vroče (tropske) dneve ter dneve s toplo (tropsko) nočjo.

Preglednica 6.2: Povprečno letno število ledenih in hladnih dni na širšem območju Kozjanskega po desetletjih v obdobju 1991–2020.

Desetletje	Povprečno št. ledenih dni		Povprečno št. hladnih dni	
	Podčetrtek	Bizeljsko	Podčetrtek	Bizeljsko
1991–2000	19,4	17,2	97,3	99,6
2001–2010	17,6	15,9	89,6	90,6
2011–2020	11,3	10,6	76,7	80,1

Vir podatkov: ARSO.

Ledeni dan je dan, ko najvišja dnevna temperatura ostane pod 0 °C, **hladni dan** pa dan z najnižjo dnevno temperaturo pod 0 °C. Povprečno letno število ledenih in hladnih dni je na Bizeljskem in v Podčetrtku zelo podobno. Postaji se pri ledenih dnevih razlikujeta za en do dva dneva, pri hladnih dnevih do štiri dni na leto. V zadnjih treh desetletjih se je povprečno število ledenih dni na obeh meteoroloških postajah zmanjšalo za okoli 40 % oz. za sedem do osem dni. V zadnjem desetletju je bilo ledenih dni le še okoli enajst. Opazno se zmanjšuje tudi število hladnih dni. Če jih je bilo v desetletju 1991–2000 še okoli 98 (za več kot tri mesece na leto), jih je bilo v zadnjem desetletju za okoli 20 % manj, med 77 in 80. Iz podatkov lahko sklepamo, da se hladni dnevi v zadnjem desetletju jeseni začnejo pozneje in spomladi končajo prej, najnižje temperature pa ne padejo več tako globoko pod ledišče kot v prejšnjih desetletjih.



Slika 6.2:

Ledenih in hladnih dni s snežno odejo je v zadnjih desetletjih na Kozjanskem vse manj. Na sliki je zasneženi grad Podstrda decembra 2021. (foto: Darko Ogrin).

Nasprotno pa se število **toplih dni**, ko temperatura preseže 25 °C, **vročih dni**, ko se čez dan segreje nad 30 °C, in **dni s toplo nočjo**, ko temperatura ne pade pod 20 °C, povečuje (preglednica 6.3). Podčetrtek in Bizeljsko sta imela v zadnjem desetletju v povprečju okoli 18 toplih dni več kot v obdobju 1991–2000. Za Bizeljsko to pomeni, da so imeli v desetletju 2011–2020 v povprečju za dobre tri mesece toplih dni na leto. V Podčetrtku, kjer je na splošno nekoliko manj toplih in vročih dni, pa je bilo toplih dni v povprečju za teden manj kot tri mesece. Povprečno število vročih dni se je v Podčetrtku povečalo za okoli 100 % oz. za dva tedna, na Bizeljskem pa za slabih 60 %, kar v absolutnih številkah tudi pomeni za dva tedna. Če upoštevamo, da se vroči dnevi pojavljajo predvsem junija, julija in avgusta, potem je bil na Bizeljskem vroč vsak drugi do tretji dan, v Podčetrtku pa vsak tretji do četrti.

Toplih noči je zaenkrat v nižinah Kozjanskega malo, vendar tudi tu vidimo trend rasti. Bizeljsko tudi pri tem kazalcu izkazuje toplejše razmere, saj je toplih noči približno še enkrat toliko kot v Podčetrtku. V Podčetrtku se je v zadnjem desetletju v povprečju pojavila ena taka noč na leto, na Bizeljskem pa tri. Indikativno je naraščanje števila dni s toplimi nočmi v zadnjih desetletjih. V desetletju 1991–2000 se je topla noč v Podčetrtku pojavila le enkrat na pet let, na Bizeljskem pa enkrat na dve leti. V zadnjem desetletju je bila v Podčetrtku topla noč kar šestkrat pogostejša, na Bizeljskem

pa približno petkrat glede na prvo desetletje. Iz lastnih meritev v letih 2021–2023 v toplem pasu Križanega Vrha sklepamo, da je toplih noči tudi drugje po Kozjanskem v toplem pasu, nekaj 10 m nad dnom dolin in ravnin, precej več kot v nižinah.

Preglednica 6.3: Povprečno število toplih in vročih dni ter dni s toplo nočjo na širšem območju Kozjanskega po desetletjih v obdobju 1991–2020.

Desetletje	Povprečno št. toplih dni		Povprečno št. vročih dni		Povprečno št. dni s toplo nočjo	
	Podčetrtek	Bizeljsko	Podčetrtek	Bizeljsko	Podčetrtek	Bizeljsko
1991–2000	66,4	80,2	13	20,6	0,2	0,5
2001–2010	72,4	86	19,2	30,1	0,7	1,3
2011–2020	84,9	98,4	26,7	35,5	1,2	2,7

Vir podatkov: ARSO.

6.2.3 Snežna odeja in padavine

Število dni s snežno odejo se na Kozjanskem znižuje v skladu z višanjem temperature zraka. V Podčetrtku sicer opazamo v drugem desetletju opazovanega obdobja porast povprečnega števila dni s snežno odejo v primerjavi z desetletjem 1991–2000 za skoraj devet dni, vendar nato sledi v naslednjem desetletju močan upad na 27 dni, kar je šest dni manj kot dve desetletji prej. Na Bizeljskem je zmanjšanje števila dni s snežno odejo precej večje. V desetletju 1991–2000 je sneg v povprečju pokrival površje mesec in pol na leto, v zadnjem desetletju pa le še 22 dni. Na obeh postajah v zadnjem obdobju sneg obleži v povprečju le še tri do štiri tedne na leto.

Preglednica 6.4: Povprečno število dni s snežno odejo na širšem območju Kozjanskega po desetletjih v obdobju 1991–2020.

Desetletje	Podčetrtek	Bizeljsko
1991–2000	33,6	45,1
2001–2010	42,2	36,4
2011–2020	26,8	21,9

Vir podatkov: ARSO.

Povprečna letna višina padavin se v obravnavani pokrajini povečuje od nižinsko-gričevnatega vzhodnega dela proti bolj hribovitemu zahodnemu delu. Na Bizeljskem in v Podčetrtku jih pade letno med 900 in 1000 mm, na Metnem Vrhu pa okoli 1100 mm. Za razliko od temperaturnih kazalcev letna višina padavin v zadnjih desetletjih ne kaže izrazitejših trendov. Na vseh treh padavinskih postajah so spremembe v zadnjih 30 letih v mejah običajne variabilnosti padavin.

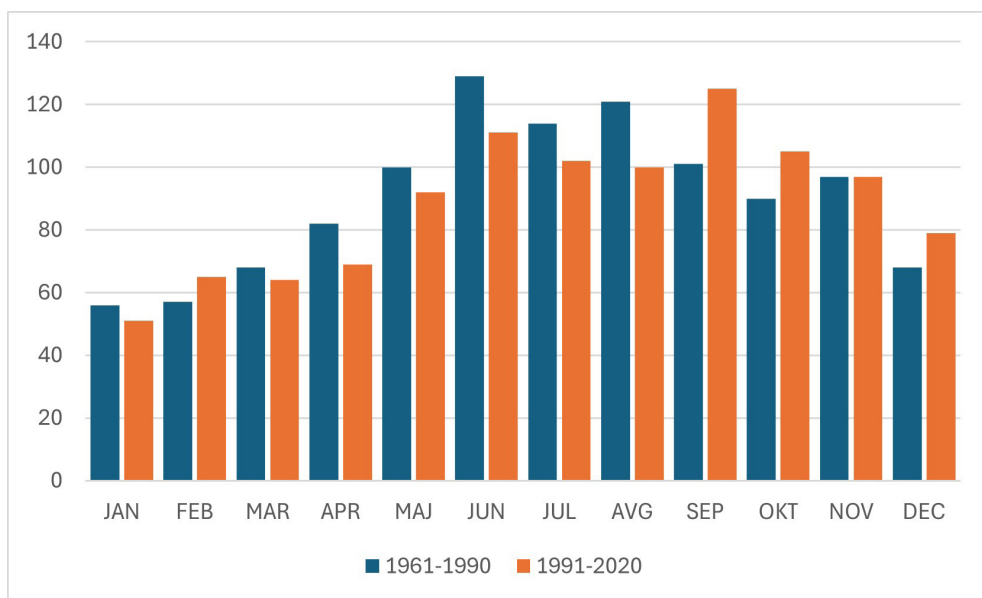
Preglednica 6.5: Povprečna letna višina padavin (v mm) na širšem območju Kozjanskega po desetletjih v obdobju 1991–2020.

Desetletje	Bizeljsko (n. v. 174 m)	Podčetrtek (n. v. 251 m)	Metni Vrh (n. v. 474 m)
1991–2000	972	952	1140
2001–2010	955	900	1092
2011–2020	994	945	1149

Vir podatkov: ARSO.

Če vzamemo daljše obdobje, recimo zadnjih 60 let, pa kaže na vzhodu Slovenije letna višina padavin rahel, vendar statistično neznačilen trend zniževanja. Predvsem je padavin manj spomladi in poleti. To je za rastlinstvo in kmetijstvo neugodno zaradi sočasnega naraščanja temperatur in z njim evapotranspiracije, kar vodi v večjo sušno ogroženost. Nasprotno pa se v zadnjih 30 letih v primerjavi z obdobjem 1961–1990 povečujejo padavine v jesenskih mesecih (slika 6.3). Sledi, da na vzhodu Slovenije postajata poletni in jesenski višek izenačena oz. da na nekaterih postajah jesenski višek že presega poletnega. Padavinski režim izgublja nekdanji celinski značaj, ko je bil padavinski višek v enem od poletnih mesecev, in pridobiva zmerno sredozemskega. V celoti gledano, postaja tudi podnebje na vzhodu Slovenije vse bolj toplo in suho, le jeseni so bolj tople in vlažne (Ogrin D. in sod. 2023). Poudariti pa velja, da so zlasti padavinski trendi manj zanesljivi, da je variabilnost padavin pri nas na splošno velika in da lahko že desetletje z drugačnimi trendi spremeni razmišljanja o bodočem podnebju.

Slika 6.3: Padavinski režim (v mm) v Podčetrtku v obdobjih 1961–1990 in 1991–2020.



6.3 Pokrajinske spremembe zaradi podnebnih sprememb

Zaradi spreminjanja podnebja se utegnejo znatno spremeniti tudi pokrajinske razmere na Kozjanskem in spremeniti tipične pokrajinske vzorce ter marsikje posledično rabo tal. Spremenile se bodo tudi prakse rabe in upravljanja s prostorom.

6.3.1 Vpliv spremenjenih padavinskih razmer

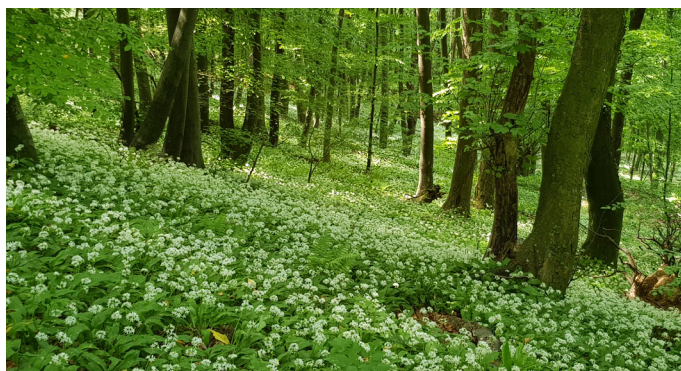
Že v sedanjih in preteklih podnebnih razmerah je ob močnejših nalivih gričevnata pokrajina Kozjanskega zaradi geološke ter geomorfološke zgradbe podvržena intenzivnim pobočnim procesom in pojavom, zlasti zemeljskim plazovom, usadom ter eroziji prsti. Toplejše ozračje lahko vsebuje več vodne pare, kar ima za posledico intenzivnejše padavine. Porast vlage v ozračju za 7 % lahko povzroči porast enournih padavin do 20 %. Povedano drugače, za vsako dodatno stopinjo ogrevanja se intenzivnost ekstremnih padavin poveča za 10–14 % (Kajfež Bogataj 2023). Tako lahko večja količina sproščene vode povzroči večjo intenzivnost pobočnih procesov, vinogradi in drugi nasadi na pobočjih bodo zato ogroženi zaradi zemeljskih plazov, usadov in erozije prsti bolj kot doslej (slika 6.6). Enako velja za prometno infrastrukturo in nenazadnje tudi za zgradbe na nestabilnih pobočjih.

Na Kozjanskem so razmeroma pogoste tudi poplave Bistrice in Sotle. Poznopomladanska ali poletna deževja, značilna za vzhodno Slovenijo, v kombinaciji z geološko podlago hitro povzročijo odziv vodotokov in manjše hudourniške poplave. Ob predvideni večji intenziteti padavin bodo poplave obsežnejše, lahko tudi pogostejše. Zaradi vododržne podlage je odziv porečij na padavine hiter in zadostuje že 30 do 50 mm padavin v 24 urah, da reke prestopijo bregove ter se razlijejo. Zato je zelo pomembno, da sedanje razlivne površine ohranijo vlogo naravnih zadrževalnikov poplavnih valov in se vanje z aktivno rabo ne posega. Ker lahko pričakujemo povečan obseg poplavnih površin, je smiselno razmisliti tudi o ne poseganju v tiste površine, ki danes ne sodijo med poplavne, vendar bi to lahko postale. Tudi prometna infrastruktura, kot so mostovi in ceste, bo neurjem ter z njimi povezanim visokim vodam in rečnim naplavinam bolj izpostavljena kot doslej. Na že danes kritičnih mestih je smiselno razmisliti o novih tehničnih rešitvah ali o premestitvi infrastrukture. Prometna infrastruktura bo močnejše prizadeta tudi zaradi hudourniških nanosov (zlasti makadamske ceste), kar bo povečalo stroške vzdrževanja. Pri vplivu podnebnih sprememb na prometno infrastrukturo lahko dodamo še to, da manjša pogostost hladnih in ledenih dni, kot tudi vse manj snežne odeje zmanjšuje stroške zimskega vzdrževanja (posipanja, soljenja in pluženja), prav tako bo manj zmrzalnega preperevanja (cvetenja cest), kar bo infrastrukturo manj prizadelo kot doslej.

6.3.2 Vpliv podnebnih sprememb na gozdno pokrajino

Kot povsod po Sloveniji je tudi na Kozjanskem pomemben pokrajinski element in ekosistem gozd. Podnebne spremembe bodo potencialno spremenile gozdni sestav ne le v Sloveniji, ampak tudi širše. Glede na karto gozdnih rastiščnih tipov Slovenije (Bončina in sod. 2021) porašča Kozjansko osem gozdnih vegetacijskih tipov, kot so jih

definirali Kutnar in sodelavci (2009). Danes prevladujejo podgorska bukovja (približno 80 km²; predvsem *Hacquetio-Fagetum* var. geogr. *Geranium nodosum*), ki so enakomerno zastopana po celotnem proučevanem območju. Pogosta so tudi gorska bukovja in acidofilna bukovja (oba tipa poraščata okoli 30 km²). Na nekaterih prisojnih pobočjih rastejo termofilna bukovja (približno 15 km²), v manjšem deležu so prisotna tudi jelovja, kolinska hrastova-belogabrovja, (visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju in termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnboborovja. Večinski gradnik gozdnih vegetacijskih tipov je navadna bukev (*Fagus sylvatica*). Zanj velja, da je sorazmerno prilagodljiva drevesna vrsta, kljub temu pa se uveljavlja mnenje, da so pogostejši vremenski ekstremi v preteklih desetletjih, med katerimi so odločilne predvsem suše, na bukev negativno vplivale bolj, kot se je pred kratkim domnevalo (slika 6.4). Predvideva pa se, da bo vpliv teh ekstremov v prihodnosti še večji (Klopčič in sod. 2022) in tako lahko podnebne spremembe sprožijo premike drevesnih vrst vegetacijskih tipov.



Slika 6.4:

Bukov gozd s kresničevjem (Arunco-Fagetum) na osojnim pobočju Orlice, v katerem se spomladi obilno razrašča čemaž. Kakšna bo njegova usoda konec 21. stoletja? (foto: Darko Ogrin)

Potencialne spremembe ekoloških niš proučevanega območja ob koncu 21. stoletja lahko ocenimo glede na spremembe bioklimatskih spremenljivk z upoštevanjem pedogeografskih značilnosti območja (Gregorčič in sod. 2022). Že v primeru realističnega podnebnega scenarija skupnega družbenogospodarskega razvoja, ki v obdobju 2081–2100 predvideva zvišanje povprečne globalne temperature zraka za 2,0 °C (1,3–2,8 °C) glede na obdobje 1850–1900 (Lee in sod. 2021), lahko pričakujemo znatne spremembe ekoloških niš gozdnih vegetacijskih tipov. Spremenjene razmere bodo najbolj ustrezale kolinskim hrastovim-belogabrovjem, ki so danes zastopana na manj kot 2 km² površine, močno pa bi se lahko razširila tudi termofilna bukovja. Razmere ne bi več ustrezale acidofilnim bukovjem, (visoko)gorskim bukovjem v (pred)dinarskem območju in jelovjem, spremembe površin gorskih in predgorskih bukovij pa bi bile zanemarljive (Gregorčič s sod. 2023).

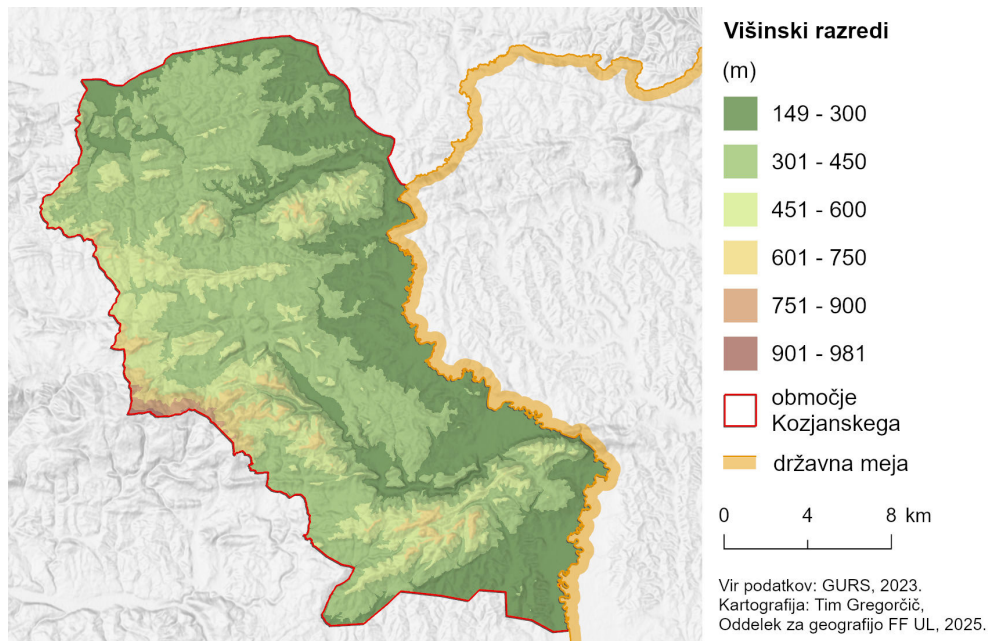
V primeru uresničitve pesimističnega podnebnega scenarija, ki v obdobju 2081–2100 predvideva zvišanje povprečne globalne temperature zraka za 4,8 °C (3,6–6,5 °C) glede na obdobje 1850–1900 (Lee in sod. 2021), bi bile spremembe še bolj drastične. Na ravni Slovenije lahko tovrstne podnebne razmere vodijo do močno zmanjšane vegetacijske pestrosti gozdov, kar posledično velja tudi za Kozjansko. Razmere bodo namreč skoraj v celoti primerne zgolj za termofilna bukovja (Gregorčič in sod. 2023).

Trendi ogrevanja zadnjih desetletij ne le na Kozjanskem, pač pa tudi v Sloveniji in širše v celinski Evropi kažejo, da realistični scenarij segrevanja ni več mogoč, saj smo ga tako rekoč že dosegli, in bo treba računati na stopnjo ogrevanja, ki bo blizu pesimističnemu scenariju.

V splošnem lahko torej pričakujemo pomikanje današnjih rastiščnih razmer gozdnih vegetacijskih tipov v višje nadmorske višine in razširitev toploljubnih ekoloških niš, ki so danes na Kozjanskem redko zastopane. Ker pokrajina Kozjanskega ne dosega višjih nadmorskih višin, bodo obstoječi vegetacijski tipi višjih leg izginili, saj z nadmorsko višino nad okoli 600 m delež in obseg površja zelo hitro padata. Tako je nad 500 m nadmorske višine na Kozjanskem 14 % površja, nad 600 m le še 4,4 %, nad 800 m pa 0,4 %. Vidimo torej, da se tako gozdni kot drugi vegetacijski tipi na Kozjanskem ne morejo pomakniti prav visoko, lahko pa se bodo premaknili na višja območja Posavskega hribovja, vendar tudi tam delež površja z nadmorsko višino hitro pada.

Pri tem je treba poudariti, da lahko na vegetacijske spremembe vplivajo še nekateri drugi dejavniki, ki v omenjenih študijah niso bili upoštevani, npr. specifični sukcesijski procesi po naravnih nesrečah in upravljanje gozdov, saj odzivi ekosistemov na hitre okoljske spremembe še vedno niso povsem poznani, niti ne vemo, kako bo človek, poleg že omenjene gozdarske prakse, posegal v te ekosisteme (npr. vpliv selekcije, podpora določenimi vrstam, vnosi invazivnih vrst).

Slika 6.5: Zaradi višinske strukture se nižinski habitati na Kozjanskem lahko le omejeno umaknejo v višje lege, saj je nad 600 m le slabih 13 km² oz. 4,4 % površja.



6.3.3 Vpliv podnebnih sprememb na kmetijsko dejavnost Kozjanskega

Kmetijstvo je pomembna dejavnost na Kozjanskem. Poleg oskrbne in tržne funkcije moramo upoštevati tudi vlogo vzdrževalca kulturne pokrajine. Podnebne projekcije kažejo na podaljšanje vegetacijske dobe. Za meteorološko postajo Celje, ki smo jo vzeli kot referenčno za Kozjansko, ARSO v študiji *Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011* (2018) navaja, da se bo do konca stoletja vegetacijska doba podaljšala za 17 do 23 dni (optimistični scenarij) oz. 37 do 49 dni po pesimističnem scenariju.

Kljub kmetijskemu značaju pokrajine prevladuje na Kozjanskem ekstenzivna kmetijska raba. Kozjanski regijski park gradi svoje poslanstvo na ohranjanju ekstenzivnih visokodebelnih sadovnjakov in suhih travnikov. Na gričevjih so tudi intenzivno obdelani vinogradi in sadovnjaki, v nižini prav tako njivske površine. Vendar tudi tam, kjer imamo intenzivne nasade, razmeroma majhne površine ne omogočajo visokih donosov, kar zmanjšuje ekonomsko upravičenost velikih investicij.

Podnebne spremembe že vplivajo na kmetijstvo in pričakujemo, da bo ta vpliv v bodoče še izrazitejši. Danes so zime precej bolj mile kot na prelomu tisočletja, 20 ali 30 let nazaj. Študije so opozorile na te trende že nekaj nazaj (Gams in Krevs 1997). Rastna sezona se začne prej, občutljivost na pozebe pa ostaja kljub segrevanju ozračja podobna kot v preteklosti, če ni še večja. Nanjo so še posebej občutljivi nasadi v pasu temperaturne inverzije na dnu dolin. Čeprav bo pomladanskega hladu in mraza vse manj, se zaradi zgodnejšega pojava fenofaz nevarnost pozeb ne bo zmanjšala (Podnebna spremenljivost ... 2018). Cvetenje sadnega drevja ali jagodičevja v aprilu oz. posameznih sort zgodnjih koščičarjev celo v marcu npr. predstavlja visoko tveganje za pozebo, saj so aprilski prodori hladnega zraka na Kozjanskem še vedno povsem realna grožnja. Ukrepi, ki omilijo škodo ob pozebah (sistemi za oroševanje ali zadimljanje) so povezani z visokimi investicijami, kar ne ustreza ekstenzivni pridelavi in pridelovalce sili bodisi v intenzifikacijo ali opuščanje pridelave. Ker za prehod na bolj intenzivno pridelavo razmere (npr. reliefi in demografske razmere) marsikje niso ustrezne, lahko to vpliva na upad sadjarstva, kot ga poznamo danes na Kozjanskem. V vsakem primeru pa bosta tako intenzifikacija kot zaton sadjarstva spremenila pokrajinsko sestavo Kozjanskega.

Po drugi strani je v drugem delu pomladi vse večja možnost vročega vremena, ki ga lahko spremljajo poletne nevihte oz. neurja s točo. Slednja bo pogostejša tudi v preostalem delu leta, problematično je predvsem poletje. Toča z močnim vetrom lahko na prizadetem območju pridelek v sadovnjakih, kot tudi infrastrukturo (npr. rastlinjake) popolnoma uniči. Na srečo so prizadeta območja običajno manjšega obsega. Poletna neurja, ki bodo še močnejša, so nevarna tudi zaradi močnih sunkov vetra, zlasti za steklenjake in tople grede, saj jih lahko poškodujejo ali celo uničijo, kar zopet povečuje stroške pridelave ter zmanjša konkurenčnost panoge.

Podatki potrjujejo hitro povečevanje vročih dni in vročinskih valov. Pogostejši, daljši ter izrazitejši vročinski valovi nas čakajo tudi v prihodnje in verjetno je to največji izziv za kmetijstvo. Vročinski stres bo v kombinaciji s sušo oklestil marsikateri pridelek. Namakanje lahko predstavlja blaženje tega stresorja, vendar bolj kot vročino namakalni sistemi blažijo sušo. Majhne in razdrobljene parcele močno povečujejo stroške namakalnih investicij, ki zato marsikje niti niso ekonomsko upravičene, še posebej to velja za obdelovalne površine na gričevjih. Vprašljiva je tudi ekonomska upravičenost

protitočnih mrež na ekstenzivnih sadovnjakih in vinogradih. Zaradi toplejših razmer bosta grozdje in jesensko sadje dozorela prej, tudi trgateg bo zgodnejša. Predvideva se, da toplejše jeseni ne bodo veliko pripomogle k plemenitenju pridelkov, saj bodo marsikateri pobrani že prej. Vročinski stres predstavlja kmetijstvu velik izziv in vseh prilagoditev niti še ne poznamo.

Vročino pogosto spremlja suša. Ta se sicer lahko pojavi v vseh letnih časih, poleg poletne je zelo problematična tudi pomladanska suša, manj pa kmetijstvo prizadene jesenska. Povišanje temperatur vodi v višje izhlapevanje vode, kar lahko privede ob nespremenjeni količini padavin zaradi povečane evapotranspiracije privede do pomanjkanje vode. Ker je poleg količine padavin pomembna tudi njihova razporeditev, lahko ugotovimo, da večja verjetnost intenzivnih padavinskih dogodkov pomeni, da v kratkem času pade večja količina padavin, po drugi strani pa imamo lahko tudi daljša obdobja brez padavin. Vsekakor se bo ranljivost Slovenije za sušo v prihodnjih desetletjih povečala in območje Kozjanskega ni izjema. Zlasti vzpeti deli na plitvih karbonatnih tleh utegnejo imeti večje primanjkljaje vode v tleh. Manj ogrožena bodo dolinska območja na mokrotnih površinah.

Slika 6.6:

Kmetijske površine na strmejših pobočjih bodo zaradi pogostejših in intenzivnejših nalivov bolj izpostavljene eroziji prsti. Sledovi erozije prsti na Srebrniku v občini Bistrica ob Sotli po nalivu maja 2022. (foto: Darko Ogrin).



6.3.4 Vpliv podnebnih sprememb na rabo energije Kozjanskega

Višje temperature že vplivajo in bodo še naprej vplivale na manjšo rabo energije v gospodinjstvih za ogrevanje stavb. Ker marsikje na Kozjanskem za oskrbo s toploto še vedno kurijo biomaso (drva) v pečeh starejše izdelave, to vpliva na kakovost zraka in pojav lokalnih žarišč onesnaženega zraka v hladni polovici leta. Zlasti to velja za gosteje naseljene nižinske lege. Višje temperature ob nespremenjenih navadah oskrbe s toploto pomenijo manjše izpuste dima in delcev, kar je pozitivno za kakovost zraka. S postopno prenovno stavb in sistemov ogrevanja lahko pričakujemo, da se bo energetska učinkovitost stavbnega fonda povečevala. Zaradi tega lahko pričakujemo postopno zmanjšanje onesnaženosti ozračja z izpusti, povezanimi s sistemi ogrevanja na biomaso. Projekcije kažejo, da pa se bo količina porabljene energije (elektrike) povečala poleti zaradi hlajenja stavb, ki postaja v vročinskih valovih marsikje neizbežno. Poselitev v gričevnati pokrajini omogoča delni vkop bivališč, kjer bi kletni prostori v vročinskih valovih lahko predstavljali naravno hlajene prostore, kamor bi se ljudje lahko umaknili pred vročino.

Glede na hitro spreminjanje podnebja, ki vpliva na številna področja, so nujni celoviti ukrepi družbe za blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje nanje tudi na regionalni ter lokalni ravni. Spremembe upravljanja prostora in družbenih področij je treba umestiti v celovite dokumente regionalnih podnebnih strategij, ki morajo biti ugnezdene v državno in evropsko zakonodajo na tem področju ter bodo z blaženjem prispevale k zmanjšanju ogljičnega odtisa, z ukrepi prilagajanja pa pripravile družbo in pokrajino na nove pokrajinske razmere. Ker se podnebje spreminja hitreje, kot smo si upali predvidevati pred desetletji, je ukrepe prilagajanja težko določiti dolgoročno, saj ukrep, ki zagotavlja ustrezno prilagajanje danes, ne pomeni nujno enako ustrezne rešitve čez 30 let (npr. določitev poplavnih površin, določitev kriterijev podnebno varne gradnje), pri čemer je pomembno tudi dejstvo, da številne ukrepe uresničujemo več kot deset let (npr. sprememba potovalnih načinov, prenova stanovanj in hiš, menjava energentov). Poleg prilagajanja je enako ali še bolj pomembno tudi blaženje, saj šele ko se bo globalni podnebni sistem stabiliziral, bodo taki ukrepi primerni za daljše časovno obdobje. Težava pa je, da bo blaženje uspešno, ko bo potekalo na globalni ravni, torej potrebuje usklajeno svetovno ukrepanje, medtem ko je prilagajanje lahko uspešno tudi na lokalni ravni.



Slika 6.7:

Podsreda, nekdanji trg, je tipičen primer lokalne zgostitve v ozki dolini.

Pogosta temperaturna inverzija ob rabi biomase za ogrevanje lahko povzroči epizode zadimljenosti. Zaradi podnebnih sprememb so hladna obdobja vse manj izrazita, emisije iz kurišč pa na srečo vse manjše. (foto: Darko Ogrin).

6.4 Sklep

Podnebje Kozjanskega se, skladno s trendi v Sloveniji, zelo hitro ogreva. V treh desetletjih, v obdobju 1991–2020, se je ogrevanje stopnjevalo, zadnje desetletje je bilo približno stopinjo toplejše od prvega. Povprečne minimalne temperature se dvigujejo podobno kot povprečne temperature, povprečne maksimalne pa hitreje, saj je zadnje desetletje za 1,5 °C toplejše od desetletja 1991–2000. To pomeni, da so se v

obravnavanem obdobju noči počasneje ogrevale kot dnevi. Snežna odeja leži le še tri do štiri tedne na leto, vendar se njena pojavnost še naprej hitro zmanjšuje. Povsem mogoče je, da bo že po letu 2030 dni s snežno odejo na Kozjanskem okoli deset letno ali pa še manj. Kako desetletje pozneje pa utegne biti snežna odeja tudi na Kozjanskem zelo redek in za pokrajino nepomemben pojav. Nasprotno se hitro povečuje število toplih in vročih dni ter dni s toplimi nočmi. Število vročih dni je narastlo s okoli dveh do treh na slabe štiri do pet tednov letno. Ne bi bilo presenečenje, če bi v desetletju 2031–2040 takih dni že bilo okoli 35 do 40 na leto, okoli leta 2050 pa že čez 40 (polovico trajanja meteorološkega poletja). Vsekakor pa je takih dni že sedaj več kot dni s snežno odejo, kar je bilo nekaj desetletij nazaj nepredstavljivo. Količina padavin se bistveno ne spreminja, trenutne projekcije za bližnjo prihodnost ne napovedujejo večjih sprememb na letni ravni, lahko pa pričakujemo intenzivnejše padavinske dogodke in tudi daljša sušna obdobja. Spreminja se razporeditev padavin čez leto, saj slabijo poletne padavine, naraščajo pa v jeseni. Višje temperature ob nespremenjeni letni količini padavin in spremenjenem padavinskem režimu lahko povzročijo povečano sušnost. Tudi zato, ker se obeta več intenzivnih padavinskih dogodkov, kar pomeni, da bo v krajšem času padlo več padavin kot doslej, vmes pa bodo daljša obdobja brez padavin.

Gozd, ki je na Kozjanskem zelo pomemben pokrajinski element, že v sedanjosti doživlja podnebni stres, ki se kaže v okoljskem pritisku na posamezne vrste, predvsem na smreko (*Picea abies*) in tudi na bukev (*Fagus sylvatica*). Skladno s podnebnimi spremembami tudi na Kozjanskem pričakujemo razmeroma hitre spremembe, ki se bodo kazale v zmanjšanju pestrosti gozdnih vegetacijskih tipov in vse večji prevladi tistih tipov, ki so odpornejši na toplejše podnebje. V primeru pesimističnega scenarija ogrevanja podnebja do leta 2100, ki je glede na sedanje trende bolj verjeten od realističnega, bodo rastne razmere na Kozjanskem skoraj v celoti primerne zgolj za termofilna bukova, druge združbe pa se bodo umaknile v višje predele ali izginile.

Kmetijstvo je nosilec pokrajinske podobe Kozjanskega. Podnebne spremembe predstavljajo resno grožnjo obstoječi kmetijski dejavnosti, če ne bodo sledili ukrepi blaženja in prilagajanja. Ampak tudi z ustrezno strategijo odgovorov na podnebne spremembe bo kmetijstvo na resni preizkušnji. Ker prevladuje ekstenzivna kmetijska dejavnost, so tisti ukrepi, ki so povezani z večjimi investicijami, manj verjetni. To predstavlja grožnjo in povečuje negotovost obstoja te panoge na Kozjanskem, vsaj v obsegu, kot ga poznamo danes. Hiter porast temperatur nakazuje tudi vpeljavo novih, na sušo in poletno vročino odpornejših kulturnih rastlin. Kjer se le da, je treba vlagati v namakalne sisteme. Tveganje za kmetijstvo predstavljajo tudi pogostejša in močnejša poletna neurja.

Močnejša neurja bodo ogrožala tudi drugo infrastrukturo, npr. električne daljnovode, ceste in mostove ter stavbni fond. Raba energije za ogrevanje v hladni polovici leta se bo zmanjševala, povečevala pa se bo raba za poletno hlajenje stavb. Tu velja opozoriti na vse večjo potrebo gradnje energetske varčnih stavb, zlasti s sistemi pasivnega hlajenja. Če bo rabo fosilnih goriv v prometu zamenjala elektrika, se bo povečal pritisk na oskrbo z električno energijo, zato bo odporna oskrba z električno energijo toliko pomembnejša.

Kako korenito in kako hitro se bo zaradi podnebnih sprememb ter ukrepov prilagajanja nanje spreminjala pokrajina na Kozjanskem, danes ni možno natančno predvideti. Kot vse kaže, pa bodo spremembe hitrejše, kot se je zdelo pred desetletji.

Podnebne spremembe so proces, in ne enkraten dogodek, mnogo je odvisno od ravnanja človeka. Zagotovo pa je naloga geografov in geografije, da pravočasno ter pravilno opozorimo, da se s podnebnimi spremembami spreminjajo tudi preostali pokrajinsotvorni dejavniki. Pokrajina (tudi Kozjansko) je rezultat součinkovanja različnih pokrajinsotvornih dejavnikov, in ko se eden od njih spremeni, se z njim spremeni pokrajina kot kompleksna celota. Podnebne spremembe zato ne spreminjajo le podnebnega podsistema v tem sistemu, ampak se med drugim spremeni tudi antropogeni odziv na rabo prostora, spremenijo se vodni krog, bio-pedogenetski procesi ipd. V prihodnjih desetletjih lahko zato, skladno s podnebnimi spremembami, pričakujemo tudi spremembo pokrajinskega vzorca na Kozjanskem. Prej kot bodo politika in drugi odločevalci v prostoru ta spoznanja sprejeli ter jih začeli vključevati v načrtovanje prostora in različnih dejavnosti, manj stresne in cenejše bodo posledice podnebnih sprememb.

Zahvala: Avtorji prispevka se zahvaljujemo Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO), še posebej Gregorju Vertačniku, za posredovanje klimatskih podatkov, ki so bili osnova za pripravo prispevka.