

Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja

**Povzetek dejavnikov okolja z vplivom na kmetijstvo
in gozdarstvo**



UVOD

Vse izrazitejše podnebne spremembe tako v strokovni kot tudi v laični javnosti postajajo pomembna tema v zadnjih desetletjih. Opazne so v vseh delih Zemljinega podnebnega sistema: ozračje se segreva in spreminjajo se značilni vzorci kroženja zraka v njem, segrevajo se oceani, spreminjajo se njihovi tokovi, dviga se višina morske gladine, krči se površina pokrita z ledom in snegom, posledično se zmanjšuje zaloga zamrznjene sladke vode, premikajo se rastlinski pasovi in spreminja se avtohtono rastje. Sprememb zgolj z naravnimi dejavniki ni mogoče pojasniti, zato znanstvena skupnost z visoko gotovostjo glavni izvor pripisuje človeku in njegovim dejavnostim.

Podnebne spremembe in njihove posledice so opazne tudi v Sloveniji. Med sektorji, ki so tesno povezani z vremenom in podnebjem, in se bodo na podnebne spremembe morali prilagoditi, velja posebej izpostaviti

kmetijstvo in gozdarstvo. Kmetijstvo ima velik družbeni pomen, saj zagotavlja oskrbo prebivalstva z živili in preprečuje razpad kulturne krajine, gozd pa pokriva kar dve tretjini površja Slovenije in predstavlja življenjsko okolje številnim rastlinskim in živalskim vrstam, človeku pa vir hrane, surovin in energije. Prilagajanje teh dejavnosti na podnebne spremembe poteka počasi in postopoma, zato je zgodnja ocena bodočih sprememb podnebnih spremenljivk z vplivom na kmetijstvo in gozdarstvo ključna za pravočasno pripravo ocene tveganj in razvoj strategij prilagajanja. Omenjeni dejavnosti imata pomembno vlogo tudi pri blaženju podnebnih sprememb.



Foto: Tanja Hojsak, SOkol



Foto: Albert Kolar, SOkol

Večina raziskav podnebnih sprememb se osredotoča na spremembe temperature zraka, ki je dejavnik z največjim vplivom na dejavnike rastnih razmer: na kmetijsko sušo, temperaturo tal, dolžino rastne dobe in fenološki razvoj rastlin. Seznanjenost s predvideno spremembo omenjenih dejavnikov kmetovalcem pomaga pri izboru kultur in sort ter lokacije za njihovo gojenje, hkrati pa nudi usmeritve o primernem času za njihovo sajenje ali sejanje. Pridelava kmetijskih pridelkov, njihov donos in kakovost so torej neposredno odvisni od lokalnega podnebjem. Na podlagi ocene tveganj se lahko pravočasno zavarujemo ter s pravnimi ukrepi zmanjšamo ali se izognemo gospodarski škodi. Razmere na slovenskem kmetijskem trgu so posredno odvisne tudi od sprememb izven meja. Uvoz kmetijskih proizvodov v primeru kmetijske škode kot sta suša ali pozoba omogoča nadaljnje

delovanje trga, zato je uporabno tudi znanje o predvidenih spremembah v državah, ki v tovrstnih primerih predstavljajo glavne uvoznike.

NADGRADNJA PRETEKLIH PODNEBNIH SCENARIJEV

Ocena podnebnih sprememb in njihovega vpliva na različne dejavnike okolja temelji na modelskih izračunih vsebnosti toplogrednih plinov v ozračju do konca 21. stoletja, saj naraščanje teh velja za ključni dejavnik sprememb podnebja vse od industrijske revolucije. Znanstveni napredek pri razumevanju procesov v podnebnem sistemu, izboljšani podnebni modeli in prenovljeni scenariji izpustov toplogrednih plinov, ki predstavljajo vhodne podatke za modelske simulacije, omogočajo pripravo verjetnejših scenarijev možnih antropogenih podnebnih sprememb in s tem natančnejše preučevanje njihovih vplivov in z njimi povezanih tveganj.

V nasprotju s preteklimi scenariji, ki niso ustrezno preučili možnosti kot so blažitev podnebnih sprememb, ranljivost ter prilagajanja nanje, scenariji značilnih potekov vsebnosti toplogrednih plinov (Representative Concentration Pathways – RCPs) vključujejo posodobljene podatke o nedavnih izpustih in obsegajo vpliv različnih podnebnih politik na poteke vsebnosti v 21. stoletju. V povzetku so zajeti rezultati dveh scenarijev značilnih potekov vsebnosti in sicer **zmerno optimističnega RCP4.5**, ki v drugi polovici 21. stoletja predvideva postopno zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov, ter **pesimističnega RCP8.5** brez predvidenega blaženja podnebnih sprememb. Ločimo ju po številčni oznaki sevalnega prispevka ob koncu stoletja, ki v splošnem predstavlja merilo povišanega toplogrednega učinka glede na predindustrijsko dobo in je izražen v vatih na kvadratni meter ($W m^{-2}$).

Prvi rezultati kažejo, da se bo vpliv podnebnih sprememb do konca 21. stoletja še poglobil. V sklopu projekta »Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja« so že bile obravnavane spremembe povprečne temperature zraka, ki bo postopoma naraščala, in spremembe padavin, ki se razlikujejo med posameznimi pokrajinami v posameznih letnih časih. Na osnovi izračunane spremembe temperature zraka so bile izpeljane spremembe dejavnikov okolja, ki neposredno vplivajo na kmetijstvo in gozdarstvo: temperatura tal, fenološka faza prvih listov, dolžina rastne dobe in pogostost pojavljanja pozeb.

V nasprotju z zanesljivim bodočim naraščanjem temperature zraka na območju Slovenije, je tveganje za posledice ekstremnih vremenskih dogodkov, kot so kmetijske suše in pozebe, težko oceniti. Na vremenske



Foto: Andrej Šegula, SOkol

ekstreme, ki so sestavni del naravne spremenljivosti podnebja, se težko prilagajamo, saj so redki in dolgoročno nepredvidljivi. Postopno segrevanje, denimo, ne izključuje možnosti za pozebe, saj je negotovost glede pogostosti naključnih vdorov hladnega zraka v prihodnosti precejšnja. Predviden zgodnejši začetek rastne dobe s posledično hitrejšim razvojem rastlin sovpada s pričakovano večjo vremensko spremenljivostjo in zato ne vodi nujno do zmanjšanja tveganja za pozebo. Na žalost so ravno težko napovedljivi vremenski ekstremi eden od glavnih razlogov za gospodarsko škodo povezano s kmetijstvom in gozdarstvom. Velja dodati, da bodo podnebne razmere verjetno dosegle tudi stanja, ki si jih na osnovi poznavanja preteklosti ne moremo predstavljati, zato je sprotno posodabljanje podnebnih scenarijev ključnega pomena za preventivne ukrepe.



Foto: Štefka Krivec, SOkol

OD EVROPE DO SLOVENIJE

Podnebne spremembe že sedaj kažejo vpliv na kmetijstvo in gozdarstvo. Nanju bodo vplivale tudi v prihodnosti, posledice pa se bodo precej razlikovale med posameznimi regijami v Evropi, saj so te odvisne od obstoječega podnebja, tipa in rabe tal, infrastrukture ter političnih in gospodarskih pogojev. V splošnem so pričakovane pozitivne posledice pri kmetijstvu v severni Evropi in negativne v južni. Kmetijska produktivnost bo zaradi daljšanja rastne dobe ter krajšanja obdobja zmrzali v severni Evropi naraščala, v južni Evropi pa bodo ekstremni vročinski valovi, zmanjšanje padavin in posledično manjša razpoložljivost vode v vegetacijskem obdobju glavni razlogi za upad pridelka (Evropska agencija za okolje, 2017). Pričakovana je tudi večja medletna spremenljivost donosa, katere vzrok je pripisan spremenjeni pogostosti in intenzivnosti vremenskih ekstremov ter drugih stanj in dejavnikov, kot so bolezni in škodljivci. Regionalne spremembe ne bodo vplivale le na kmetijski trg, temveč tudi na varnost preskrbe s hrano. Zaskrbljenost nad njo je namreč vse večja, tako na globalni kot na evropski ravni.

IZBRANI DEJAVNIKI OKOLJA

Za oceno vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo in gozdarstvo v Sloveniji do konca 21. stoletja smo izračunali predvidene spremembe v primeru dveh scenarijev izpustov RCP4.5 in RCP8.5 za štiri dejavnike, ki bodo neposredno vplivali na kmetijstvo in gozdarstvo. Spremembe so izračunane kot odmik od referenčnega obdobja 1981–2010. Rezultati prikazujejo časovni potek spremembe, povprečno spremembo ter razpon povprečne spremembe za tri tridesetletna obdobja: 2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100 s poudarkom na spremembah v Celju, predstavljene pa so tudi predvidene spremembe na preostalih lokacijah.

Temperatura tal

Z vidika kmetijstva je najbolj pomembno poznavanje temperature tal v času rastle dobe, od aprila do septembra. Temperatura tal je močno odvisna od temperature zraka, zato smo za oceno temperature tal do konca 21. stoletja uporabili modelske podatke o povprečni dnevni temperaturi zraka po dveh scenarijih izpustov, RCP4.5 in RCP8.5 in jo izračunali na podlagi odvisnosti od temperature zraka iz preteklih meritev; povezave med temperaturo zraka in temperaturo tal na lokacijah merilnih postaj so bile določene s posebno študijo. Temperaturo tal smo ocenili za sedem postaj, ki so enakomerno razporejene po Sloveniji: Bilje, Celje, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto, Šmartno pri Slovenj Gradcu, in sicer za štiri različne globine (5, 10, 20 in 30 cm), s katerimi je bila ocenjena sprememba temperature tal po globini talnega profila. Znotraj rastle dobe smo spremembo izračunali ločeno za prvi del rastle dobe, od aprila do junija, ter drugi del, od julija do septembra. Predvidene spremembe na posameznih lokacijah skupaj nudijo splošen signal spremembe, vendar so reprezentativne le za obravnavane lokacije oz. njihovo okolico. Posplošitev za celotno območje Slovenije ni povsem ustrezna, saj je temperatura tal odvisna tudi od fizikalnih lastnosti tal, kot so barva, tekstura in vlažnost, kot tudi od ekspozicije terena.



Zemljevid lokacij postaj za katere so bile izračunane spremembe izbranih dejavnikov okolja tekom 21. stoletja. Črn križec označuje postaje za temperaturo tal, zelen krog pa postaje za fenološko fazo prvih listov, dolžino rastle dobe in tveganje za pozebo.

Fenološka faza prvih listov

Glavni kazalec začetka letne rastle dobe je olistanje rastlin. Za oceno vpliva podnebnih sprememb na fenološki razvoj rastlin so vlogo indikatorskih rastlin odigrale bukev, divji kostanj in lipa, ki se s svojo trdno zasidranostjo v slovenskem prostoru ponašajo z dolgoletno in konsistentno zbirko fenoloških podatkov. Čeprav obravnavane drevesne vrste sodijo med negojene rastline in torej pod okrilje gozdarske panoge, se kmetijske rastline na spremembe podnebja odzivajo podobno.

Pri napovedovanju dneva pojava fenološke faze rastlin na podlagi meteoroloških podatkov se pogosto uporabi vsoto efektivnih temperatur zraka, to je vsoto povprečnih dnevni temperatur zraka nad izbrano temperaturo praga od izbranega dneva v letu. Na podlagi opazovanih dni pojava fenološke faze prvih listov in podatkov o povprečni temperaturi zraka za obdobje 1971–2015 je bil določen temperaturni prag in temperaturna vsota ločeno za devet postaj, ki so relativno enakomerno razporejene po Sloveniji (Bilje, Celje, Lesce, Ljubljana, Novo mesto, Portorož, Slovenske Konjice, Starše, Veliki Dolenci), pri čemer so bile na nekaterih lokacijah obravnavane le določene rastline - v Biljah in Portorožu divji kostanj, v Velikih Dolencih pa bukev in divji kostanj.

Dolžina rastne dobe

Letno rastno obdobje je definirano z nastopoma spomladanskega in jesenskega temperaturnega praga. Začetek letne rastne dobe nastopi prvi dan vsaj 6 dni dolgega časovnega obdobja s povprečno temperaturo zraka večjo od temperature praga, po zadnjem vsaj 6 dni dolgem časovnem obdobju s povprečno temperaturo zraka, ki je manjša od temperature praga, v kolikor to obdobje v danem letu obstaja, pri čemer začetek rastne dobe nastopi najkasneje 1. julija. Konec rastne dobe nastopi prvi dan vsaj 6 dni dolgega časovnega obdobja s povprečno temperaturo zraka, ki je manjša od temperature praga, pri čemer konec rastne dobe nastopi najhitreje 1. julija in najkasneje zadnji dan leta. Izračun je bil narejen za devet postaj, ki so relativno enakomerno razporejene po Sloveniji (Bilje, Celje, Lesce, Ljubljana, Novo mesto, Portorož, Slovenske Konjice, Starše, Veliki Dolenci) in za dve temperaturi praga, 5 in 10 °C.



Pozeba

Dan s pojavom pozebe se v študijah pogosto definira kot dan, ko je minimalna temperatura zraka tistega dne manjša od kritične temperature, pri čemer je v večini študij izbrana temperatura 0 °C. Izbira kritične temperature, pri kateri pride do poškodb rastlinskega tkiva, je močno odvisna tudi od kulture in fenološke faze, zato smo pri izračunih izbrali dve kritični temperaturi, in sicer -2 in 0 °C. Izračunali smo število dni s spomladansko pozebo in jesensko pozebo v rastni dobi, ki smo jo za različni temperaturi praga izračunali že za oceno dolžine rastne dobe. Dan s spomladansko pozebo je dan od začetka rastne dobe do konca maja, ko je minimalna dnevna temperatura zraka manjša od kritične (0 ali -2 °C), dan z jesensko pozebo pa je dan od začetka septembra do konca rastne dobe, ko minimalna temperatura zraka ne preseže kritične.

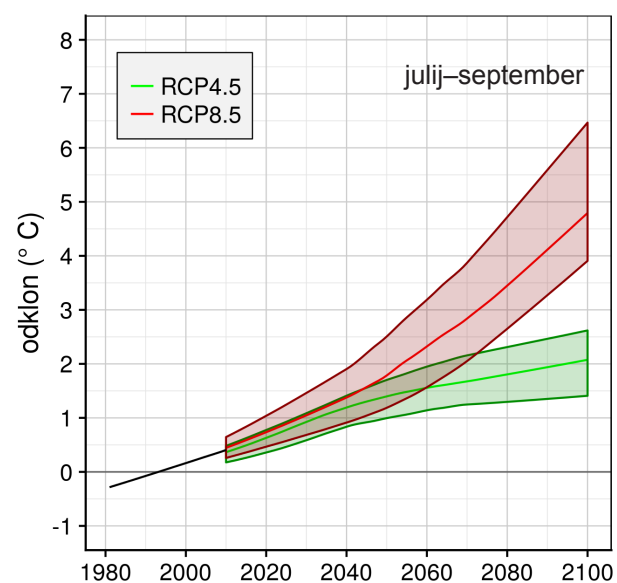
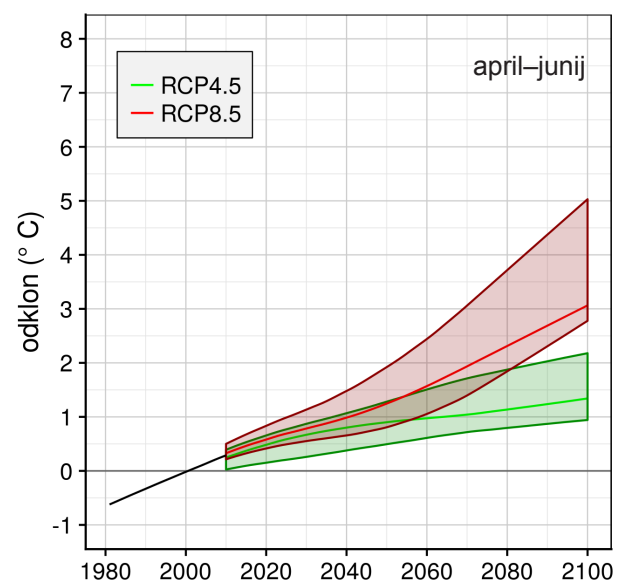
V povprečju zadnja spomladanska zmrzal nastopi pred začetkom rastne dobe – lahko bi rekli na srečo, saj bi v nasprotnem primeru imeli pozebo tako rekoč vsako leto. Število dni med zadnjo spomladansko zmrzaljo in pričetkom rastne dobe se v literaturi pogosto imenuje »varnostna rezerva« (Vitasse idr., 2018). Tveganje pred spomladansko pozebo lahko izračunamo kot velikost tako opredeljene varnostne rezerve. V primeru zmanjšanja varnostne rezerve se tveganje poveča in obratno. Varnostno rezervo smo izračunali tako za spomladansko pozebo kot za jesensko pozebo, to je število dni med dnevom prve jesenske zmrzali in koncem rastne dobe. Izračun je bil narejen za dve temperaturi praga za začetek in konec rastne dobe (5, 10 °C) in za dve kritični temperaturi (-2, 0 °C) za 9 lokacij (Bilje, Celje, Lesce, Ljubljana, Novo mesto, Portorož, Slovenske Konjice, Starše, Veliki Dolenci). Posamezna temperatura praga določa tudi jakost pozebe; pri -2 °C se poškodbe kažejo na večini rastlin, saj je jakost pozebe večja, medtem ko pri 0 °C škoda ni povsem nujna.

TEMPERATURA TAL

Časovni potek

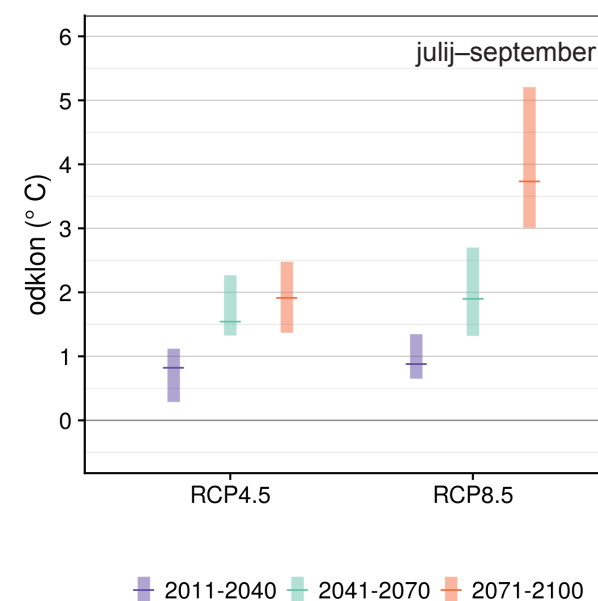
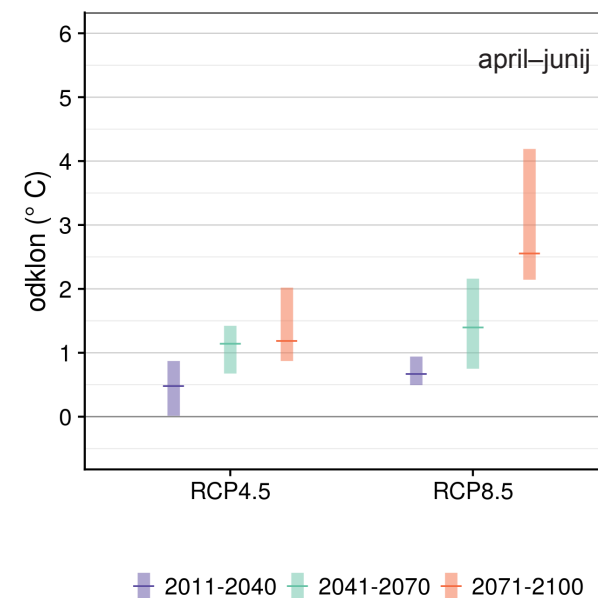
Podobno kot temperatura zraka se bo tudi povprečna temperatura tal predvidoma postopno povečevala tekom 21. stoletja. Po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 se v prvem delu rastne dobe pričakuje dvig temperature tal na globini 5 cm za 1.3 do 1.5 °C do konca 21. stoletja na vseh lokacijah, še večje povečanje pa se pričakuje v drugem delu rastne dobe, med 3 in 3.3 °C. V Biljah je predviden dvig temperature tal tekom celotne rastne dobe še nekoliko višji kot na ostalih lokacijah. Pesimističen scenarij RCP8.5 pričakovano predvideva še višji dvig, v prvem delu rastne dobe za med 2.1 in 2.2 °C, razen v Biljah (2.4 °C), tako kot pri RCP 4.5 pa bo povišanje temperature tal večje v drugem delu rastne sezone, in to kar za od 4.8 do 5.2 °C na večini lokacij, razen v Murski Soboti, kjer bo dvig nekoliko manjši in v Biljah, kjer bo dvig višji.

Razlike med predvidenimi spremembami na različnih globinah tal so majhne, zato so prikazane le spremembe na globini 5 cm. Povečanje povprečne temperature tal rahlo pada z globino, razlika med globinama 5 in 30 cm pa je največja ob koncu stoletja, in sicer v prvem delu rastne dobe do največ 0.2 °C, v drugem pa do 0.5 °C.



Prikaz poteka spremembe povprečne temperature tal na 5 cm v Celju tekom 21. stoletja v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5) vključno z razponi možnih odstopanj za prvi del rastne dobe (zgoraj) in drugi del rastne dobe (spodaj).

Po obdobjih



Razponi možnih odstopanj spremembe povprečne temperature tal na 5 cm v Celju za prvi del rastne dobe (zgoraj) in drugi del rastne dobe (spodaj) v Celju v treh zaporednih tridesetletnih obdobjih v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5).

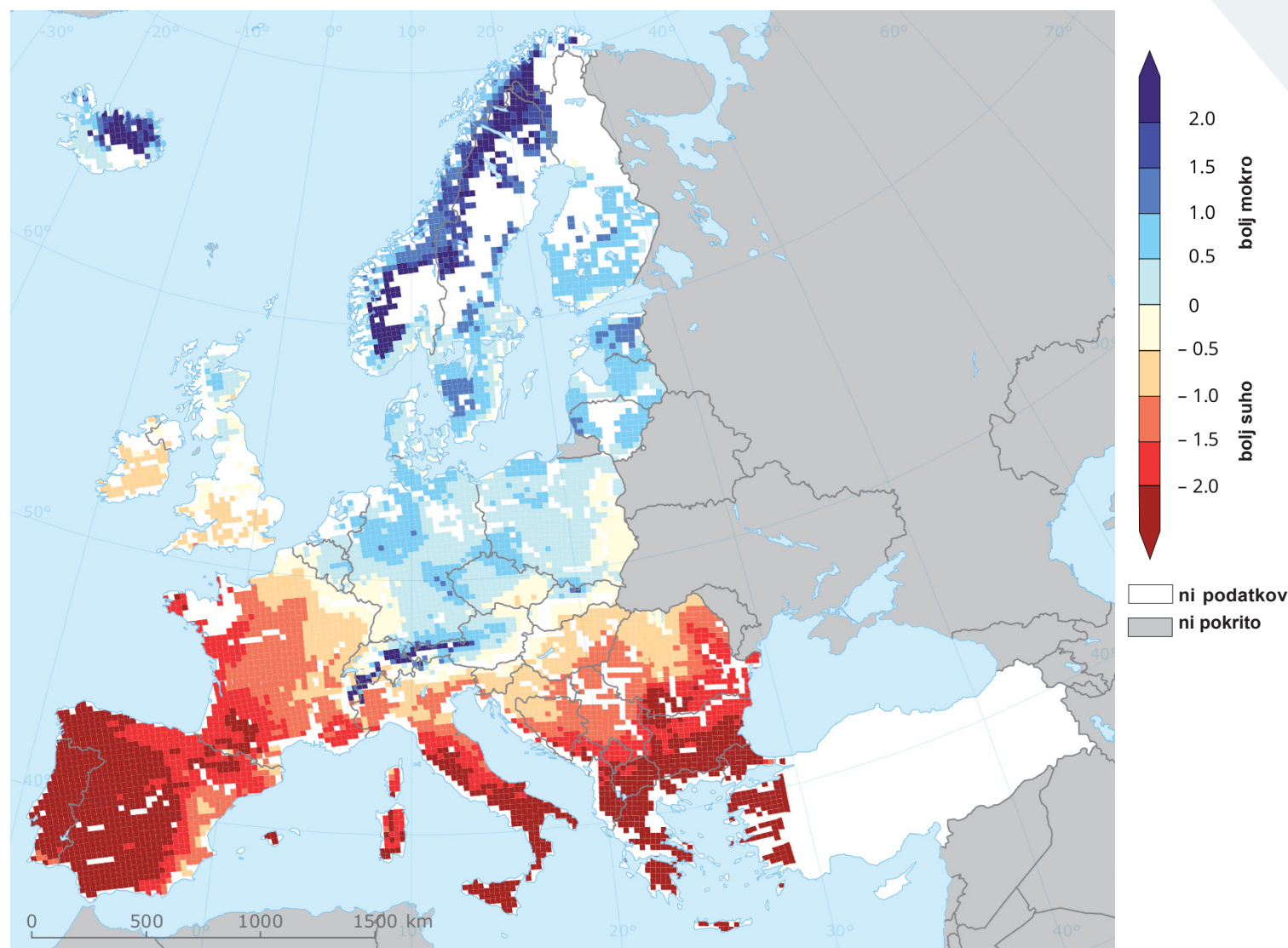
V **prvem delu rastne dobe** od aprila do junija se po scenariju RCP4.5 v prvem obdobju značilnih sprememb ne pričakuje. V drugem obdobju se bo temperatura tal povišala za 1.1 do 1.2 °C, v Biljah pa za 1.4 °C. V tretjem obdobju se večjih sprememb napram drugemu ne pričakuje. Po pesimističnem scenariju RCP8.5 se bo temperatura v prvem obdobju povišala za 0.7 do 0.8 °C, v drugem obdobju od 1.3 °C (Murska Sobota) do 1.6 °C (Bilje), v tretjem pa za 2.5 do 2.7 °C, razen v Biljah (3 °C).

V **drugem delu rastne dobe** od julija do septembra se bo v primeru obeh scenarijev temperatura tal predvidoma zvišala za 0.8 do 0.9 °C v prvem obdobju, razen v Biljah (1.1 °C). V drugem obdobju se bo v primeru scenarija RCP4.5 temperatura tal zvišala za 1.5 do 1.7 °C oz. za 1.8 do 2 °C po scenariju RCP8.5, v Biljah pa za 1.9 oz. 2.3 °C. Večja razlika se pojavi v zadnjem obdobju, kjer se po zmerno optimističnem scenariju RCP4.5 pričakuje povišanje za 1.9 do 2.1 °C (Bilje 2.3 °C), po RCP8.5 pa za kar 3.6 do 4.1 °C (Bilje 4.5 °C).

Vpliv spremembe temperature tal na kmetijske rastline

Temperatura tal vpliva na številne fizikalne, mikrobiološke ter biološke procese v tleh, zato je še posebej pomembna za kmetijstvo. Segrevanje tal bo med drugim vplivalo na kvaliteto tal, ki jo strokovni viri opišejo z »zdravstvenim stanjem tal«. Tla se močno odzivajo na spremenljivost in intenziteto padavin in na sušne dogodke. Pomemben del strategije prilagajanja na spremembe bo ustrezna raba in tehnologija obdelave tal, predvsem s povečanjem vsebnosti organskih snovi v tleh. Večja vsebnost organske snovi ne vpliva le na mikrobiološko aktivnost v tleh, ki zagotavlja živost tal, pozitivno vpliva tudi na infiltracijo in na zadrževalno sposobnost tal za vodo, s katerimi se tla branijo pred posledicami intenzivnih padavin in suš.

Projekcije temperature tal do konca 21. stoletja so stične s projekcijami vsebnosti vode v tleh do konca 21. stoletja, za katere Evropska agencija za okolje navaja izrazito zmanjšanje vlažnosti tal v poletnih mesecih v Sredozemlju in srednji Evropi. Tudi v Sloveniji suša postaja preteča grožnja kmetijstvu in gozdarstvu. Projekcije stanja meteorološke vodne bilance do konca 21. stoletja so pokazale, da bodo primanjkljaji vode vztrajno naraščali po vsej Sloveniji, celo v hribovitih predelih, kjer v sedanosti še lahko zabeležimo presežke, bodo ti redkejši. Po pesimističnem scenariju bo z velikimi primanjkljaji, ki so podobni zabeleženim v ekstremno sušnih letih 2003, 2013, obremenjena vsa Slovenija, celo v hribovitih predelih presežkov ne bo več.



Projekcija spremembe vlažnosti tal v poletnem času v prihodnosti. Prikazana je razlika med obdobjema 1961–1990 in 2021–2050 za emisijski scenarij SRES A1B (Evropska agencija za okolje, 2017).

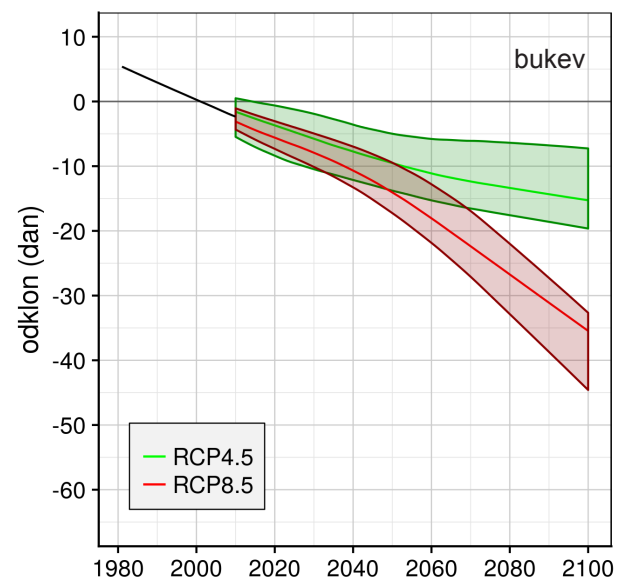
V praksi bodo temperaturni pogoji v tleh vplivali tudi na tehnologijo pridelave. V prvem delu rastne dobe bodo kmetijska tla bolj zgodaj primerno ogreta za setev. Optimalna temperatura za kalitev semena se razlikuje glede na vrsto rastlin. V sedanji podnebni spremenljivosti v večjem delu Slovenije temperatura tal v globini 5 cm preseže 10 °C v drugi dekadi aprila, na Primorskem že v začetku aprila. Nad 15 °C pa se tla ogrejejo v prvi dekadi maja oziroma v zadnji dekadi aprila na Primorskem. Spomladanska setev koruze običajno poteka v zadnji tretjini aprila, ko se tla v setveni globini primerno ogrejejo. Ob sedanji podnebni spremenljivosti je zgoznejša setev temperaturno zahtevnejših rastlin tvegana zaradi spomladanske pozebe. Tak primer je pomlad leta 2016, ko je prodor hladnega zraka v zadnji tretjini aprila uničil do 3 tedne prezgodaj posejano koruzo, buče in številne zelenjadnice, ki si po temperaturnem šoku niso več opomogle in jih je bilo potrebno ponovno posejati. Tako povzročen zapoznel razvoj posevkov lahko vpliva na pridelek. V drugem delu rastne dobe bo porast temperature tal še večji, kar bo vplivalo tudi na rast in razvoj rastlin, saj so od temperature tal odvisne mnoge življenjske funkcije rastlin, kar bo lahko opazno tudi v dinamiki fenološkega razvoja kmetijskih rastlin.

Zagotovo pa ob povečani temperaturi tal lahko pričakujemo tudi močno izsušena tla. Temu se bo morala prilagoditi tehnologija pridelave, med drugim z rabo pokrovnih rastlin, globino setve, izbiro kultivarjev in predvsem z namakanjem.

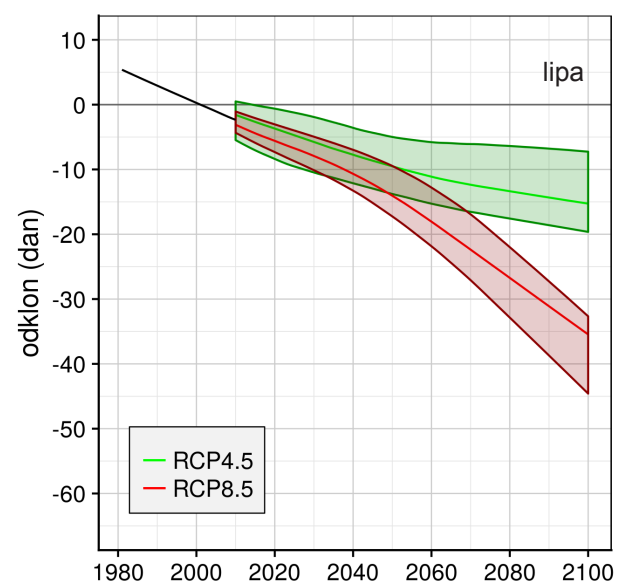
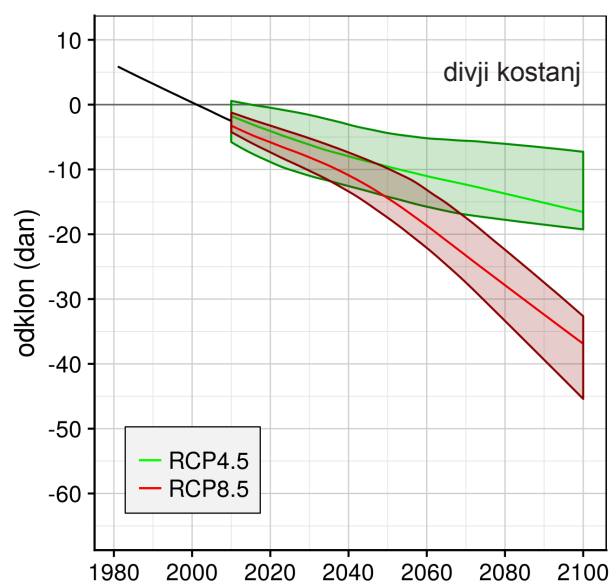
FENOLOŠKA FAZA PRVIH LISTOV

Časovni potek

Do konca 21. stoletja bo do pojava olistanja prihajalo vedno bolj zgodaj, kar je pričakovano glede na dvig temperature zraka. Po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 se bo bukev do konca 21. stoletja olistala od 14 (Veliki Dolenci) do 19 dni (Lesce) bolj zgodaj. Pesimističen scenarij RCP8.5 do konca 21. stoletja predvideva še zgodnejše olistanje, in sicer od 33 (Veliki Dolenci) do 37 dni (Slovenske Konjice), v Lescah pa kar za 49 dni. Pri divjem kostanju so spremembe večje, do konca 21. stoletja se bo po scenariju RCP4.5 olistal od 15 (Ljubljana) do 20 dni (Celje) oz. 22 dni (Bilje, Portorož) bolj zgodaj, po RCP8.5 pa na največ lokacijah 39 dni bolj zgodaj, razen v Portorožu (37 dni), Biljah (44), Ljubljani (45), Celju (47) in Lescah (49 dni). Spremembe za lipo bodo predvidoma podobne spremembam pri bukvi, po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 bo do konca 21. stoletja olistanje zgodnejše od 14 (Starše) do 18 dni (Slovenske Konjice, Lesce), po scenariju RCP8.5 pa od 33 (Starše) do 37 dni (Slovenske Konjice), v Lescah pa kar 49 dni.



Prikaz poteka spremembe dneva olistanja bukve (zgoraj), divjega kostanja (spodaj levo) in lipe (spodaj desno) v Celju tekom 21. stoletja v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5) vključno z razponi možnih odstopanj.



Fenološki indikatorji po obdobjih



Pri **olistanju bukve** se po scenariju RCP4.5 v prvem obdobju značilnih sprememb ne pričakuje, razen v Lescah, kjer bo olistanje nastopilo 8 dni bolj zgodaj kot v referenčnem obdobju. V drugem obdobju se bo bukev olistala od 8 (Veliki Dolenci, Starše) do 12 dni (Slovenske Konjice) bolj zgodaj, razen v Lescah (14 dni), v tretjem pa od 14 do 16 dni, razen v Slovenskih Konjicah (18) in Lescah (19). Po pesimističnem scenariju RCP8.5 bo v prvem obdobju sprememba le v Ljubljani in Novem mestu (7 dni) ter v Lescah (9 dni). V drugem obdobju se bo olistanje pojavilo od 14 (Veliki Dolenci) do 17 dni (Novo mesto, Slovenske Konjice) bolj zgodaj, razen v Lescah (20 dni), v tretjem obdobju pa od 28 do 31 dni, z izjemo Velikih Dolencev (26 dni) in Lesc (40 dni).

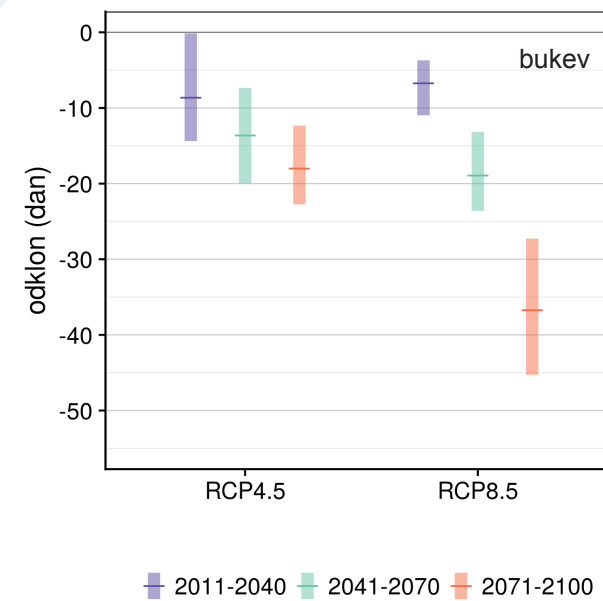


Čas **olistanja divjega kostanja** se po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 v prvem obdobju ne bo spremenil, razen v Lescah in Biljah, kjer bo olistanje 7 oz. 9 dni zgodnejše. V drugem obdobju bo na večini lokacij olistanje nastopilo od 12 do 15 dni bolj zgodaj, razen v Velikih Dolencih (8 dni), Staršah (9) ter Portorožu in Biljah (17 dni), v tretjem pa 17 do 19 dni, razen v Velikih Dolencih (8 dni), Staršah (15) in Biljah (21). Po scenariju RCP8.5 bo v prvem obdobju najmanjša sprememba v Staršah in Velikih Dolencih (6 dni), največja pa v Portorožu in Lescah (9 dni). V drugem obdobju se bo olistanje pojavilo 17 do 19 dni bolj zgodaj, razen v Lescah (20 dni), Portorožu (21) in Biljah (22), v tretjem obdobju pa od 30 (Novo mesto) do 37 dni (Celje, Bilje), z izjemo Lesc, kjer bo olistanje predvidoma 40 dni zgodnejše. Na vseh lokacijah, razen v Lescah, so spremembe časa olistanja divjega kostanja večje kot pri bukvi.

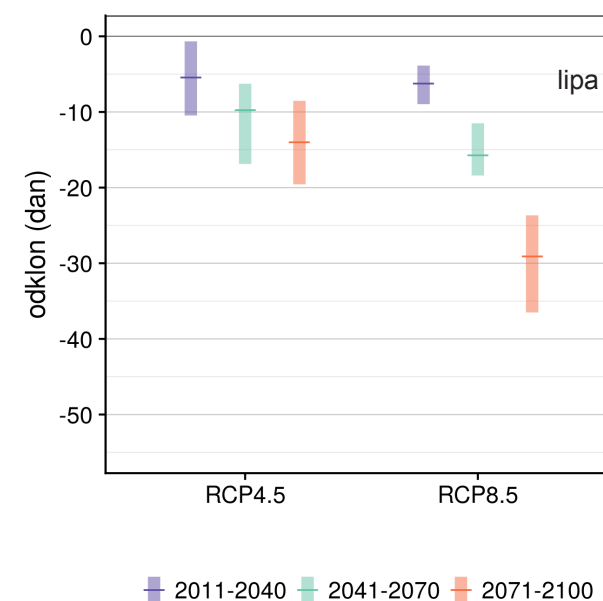
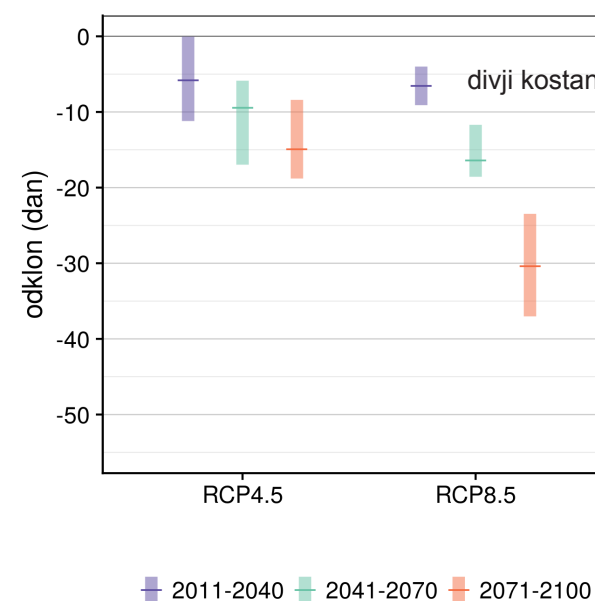


Pri **olistanju lipe** se po scenariju RCP4.5 v prvem obdobju značilnih sprememb ne pričakuje. V drugem obdobju se bo bukev na večini lokacij olistala od 10 do 11 dni bolj zgodaj, razen v Staršah (8 dni) in Lescah (14), v tretjem pa od 14 do 8 dni, razen v Lescah (19). Po pesimističnem scenariju RCP8.5 spremembe ne pričakujemo v Slovenskih Konjicah, drugod bo olistanje zgodnejše za 6 do 7 dni, v Lescah pa za 9 dni. V drugem obdobju se bo lipa predvidoma olistala od 16 do 17 dni bolj zgodaj, razen v Staršah (15 dni) in Lescah (20), v tretjem obdobju pa od 28 do 31 dni, z izjemo Lesc (40). Na posamezni lokaciji so spremembe časa olistanja bukve zelo podobne spremembam pri lipi.

Predvideva se povečano število let, ko se bo olistanje pojavilo zelo zgodaj in manjše število let, ko se bo pojavilo zelo pozno.



Razponi možnih odstopanj spremembe dneva olistanja bukve (zgoraj), divjega kostanja (spodaj levo) in lipe (spodaj desno) v Celju v treh zaporednih tridesetletnih obdobjih v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5).



Vpliv na kmetijstvo in gozdarstvo

Fenološki razvoj rastlin je pomemben bio-indikator podnebnih sprememb. Spremenjen fenološki razvoj bo vplival na kmetijstvo, gozdarstvo, vrtnarstvo in tudi na naravno okolje. Pomembna lastnost fenološkega razvoja je velika medletna variabilnost. Številne obdelave dolgoletnih nizov fenoloških podatkov so pokazale, da je spomladanski fenološki razvoj danes zgodnejši kot je bil še pred pol stoletja, kar je posledica spreminjajočega podnebja, zlasti temperature zraka. Na primer sivi topol (*Populus canescens*), ki ga opazujemo v Mednarodnem fenološkem parku v Ljubljani, danes v povprečju olista do 9 dni prej kot v začetku šestdesetih let prejšnjega stoletja. Zgodnejše je tudi olistanje bukve, lipe in divjega kostanja.

Projekcije fenološkega razvoja teh drevesnih vrst v prihodnosti so pokazale, da bo fenološki razvoj ob koncu 21. stoletja še zgodnejši od tega, ki smo mu priča danes. Razen v hribovitih delih Slovenije in na

Primorskem ob sedANJI podnebni spremenljivosti lipa in bukev v povprečju olistata v začetku druge deкаде aprila, ob koncu 21. stoletja pa naj bi po zmernem scenariju olistali že konec marca oziroma v začetku aprila, po pesimističnem scenariju že v začetku tretje deкаде marca. Divji kostanj bo v primerjavi z bukvijo in lipo še zgodnejši. Danes v povprečju olista med 10. in 15. aprilom, po zmernem scenariju naj bi v prihodnosti olistal sredi zadnje deкаде marca, kar se je zgodilo tudi spomladi leta 2014, ko smo v osrednji Sloveniji zabeležili najbolj zgoden pojav prvih listov v nizu šestdesetletnih fenoloških opazovanj. Po pesimističnem scenariju pa naj bi te drevesne vrste olistale dober mesec prej kot danes, kar sproža vprašanja o preživetju teh drevesnih vrst v tem geografskem prostoru.

Projekcije sprememb fenološkega razvoja na osnovi gonilne temperature zraka v nekoliko bolj oddaljeni prihodnosti sicer kažejo precejšno mero zanesljivosti,

kljub temu pa lahko dajo le prvo oceno sprememb v prihodnosti. Upoštevati je treba, da na fenološki razvoj poleg temperature zraka vplivajo še številni drugi biotski in abiotski dejavniki. Nanje se rastlinski in živalski svet različno odziva, tudi prilagaja, zato projekcija fenološkega razvoja do konca 21. stoletja zgolj na osnovi temperature zraka verjetno ne opisuje povsem realnega stanja v prihodnosti, ker se lahko zaradi prilagoditev povezava med temperaturo zraka in drugimi okoljskimi dejavniki in fenološkim razvojem tudi spremeni.

Kljub temu spremenjen fenološki razvoj že v sedanjosti povzroča nekatere zaskrbljujoče posledice. Pogostejše so spomladanske pozebe, predvsem v sadjarstvu. Spreminja se nastop generativnih faz tudi pri poljščinah. Zgodnejše je cvetenje in zorenje ozimnih žit, projekcije za prihodnost pa kažejo, da se bo ranenje obeh fenoloških faz nadaljevalo, krajše bo obdobje polnjenja zrnja, kar bo lahko negativno vplivalo na pridelek (Evropska

agencija za okolje, 2017). Predvidena drastična sprememba fenološkega razvoja pa daje slutiti, da bo moteno konkurenčno ravnovesje tudi med drevesnimi vrstami, še posebno bodo ogroženi sezonski habitati in posledično tudi biodiverziteti tega geografskega prostora. Spreminja se čas gnezdenja, prihoda in odhoda ptic selivk. Skrb vzbujajo tudi številnejše generacije termofilnih insektov med katerimi so številni rastlinski škodljivci in tuje invazivne vrste. Nesinhron fenološki razvoj bo ogrozil tudi prehranjevalne verige in življenjski prostor nekaterih žuželk opraševalk. Spremenjena dinamika cvetenja alergenih rastlinskih vrst že danes vpliva na zgodnejšo in dlje trajajočo obremenjenost zraka s cvetnim prahom in s tem povezanimi vplivi na zdravje prebivalstva.

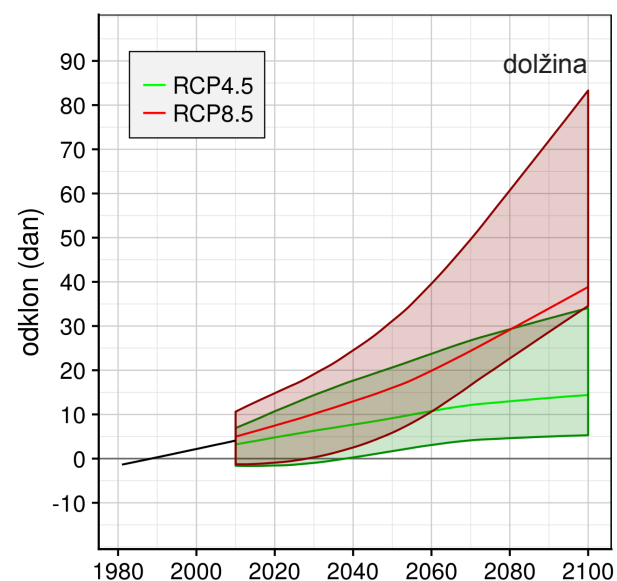


DOLŽINA RASTNE DOBE

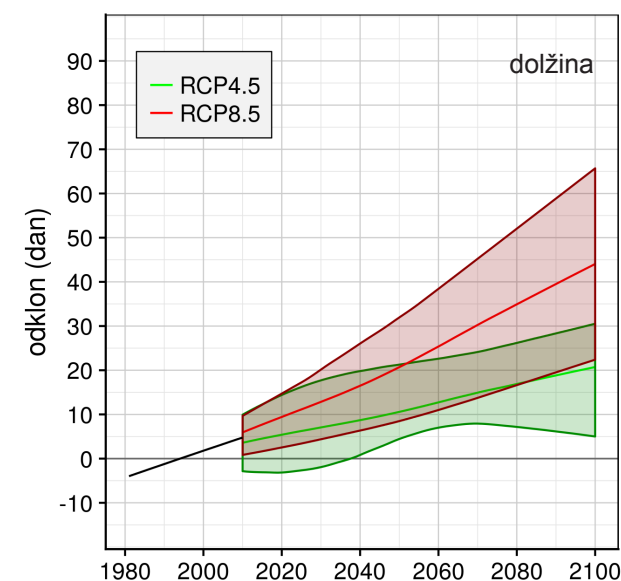
Časovni potek

Do konca 21. stoletja se bo dolžina rastne dobe podaljševala na račun zgodnejšega začetka in kasnejšega konca, kar je pričakovano glede na dvig temperature zraka, vendar bo podaljšanje odvisno od izbranega temperaturnega praga.

Pri **temperaturi praga 5 °C** se bo po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 dolžina rastne dobe do konca 21. stoletja na večini obravnavanih lokacij podaljšala za 19 do 26 dni, razen v Celju (14 dni), Lescah (16) ter Biljah (29 dni). K podaljšanju dolžine rastne dobe bosta precej enakomerno prispevala zgodnejši začetek in kasnejši konec. Začetek se bo predvidoma premaknil za 11 do 13 dni, razen v Celju (6 dni) in v Biljah (14 dni), konec pa se bo zamaknil za 9 do 12 dni, razen v Lescah (7) in Biljah (14 dni). Po scenariju RCP8.5 se pričakovano predvideva še večje podaljšanje rastne dobe, in sicer za 48 do 60 dni, razen v Celju in Slovenskih Konjicah z nekaj dni krajšim podaljšanjem ter v Biljah s podaljšanjem za 72 dni. Začetek bo na večini lokacij nastopil 26 do 40 dni bolj zgodaj z izjemo Celja (16 dni), Slovenskih Konjic (21) ter Bilj (46) in Portoroža (53 dni), konec pa 21 do 22 dni kasneje v primerjavi z referenčnim obdobjem, razen v Portorožu (16 dni), Celju (19), Novem mestu (27) ter Biljah in Ljubljani (28 dni). Po tem scenariju se bo rastna doba podaljševala predvsem na račun bolj zgodnjega začetka, še posebej v Biljah in Portorožu.

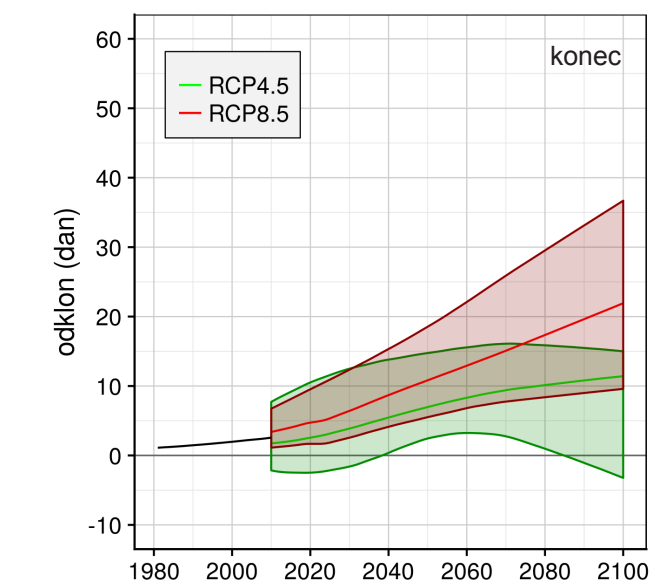
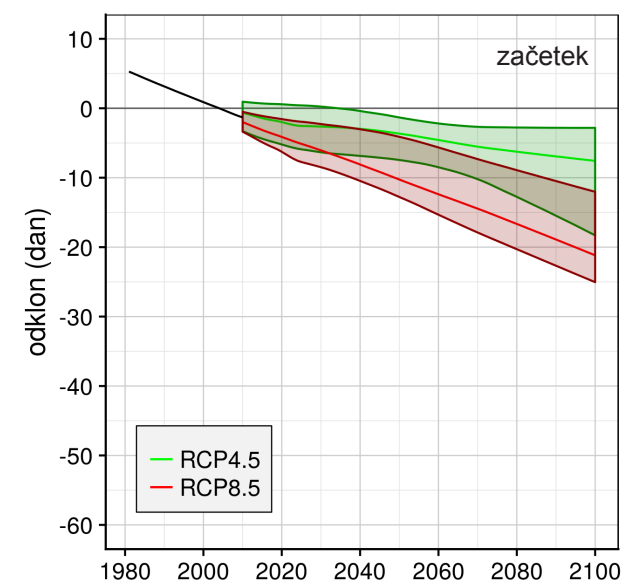
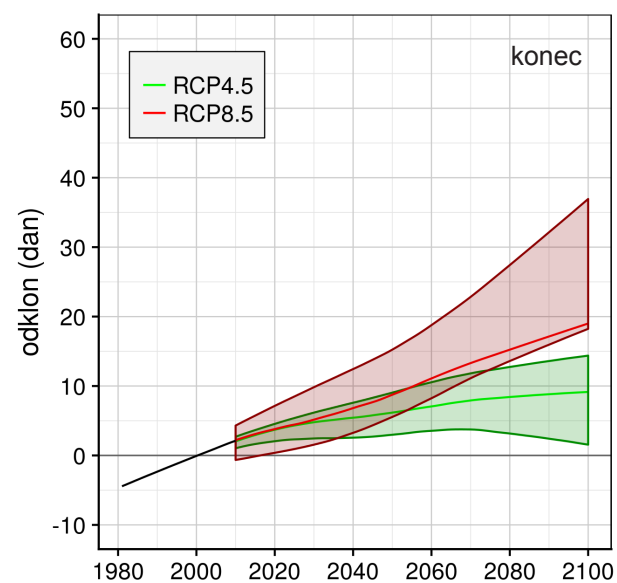
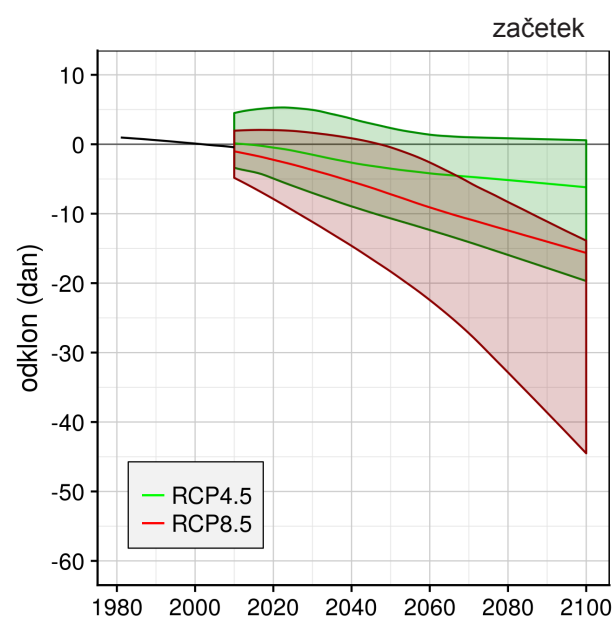


Prikaz poteka spremembe dolžine rastne dobe (zgoraj) ter dneva začetka (spodaj levo) in konca rastne dobe (spodaj desno) pri izbrani temperaturi praga 5 °C v Celju tekom 21. stoletja v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5) vključno z razponi možnih odstopanj.

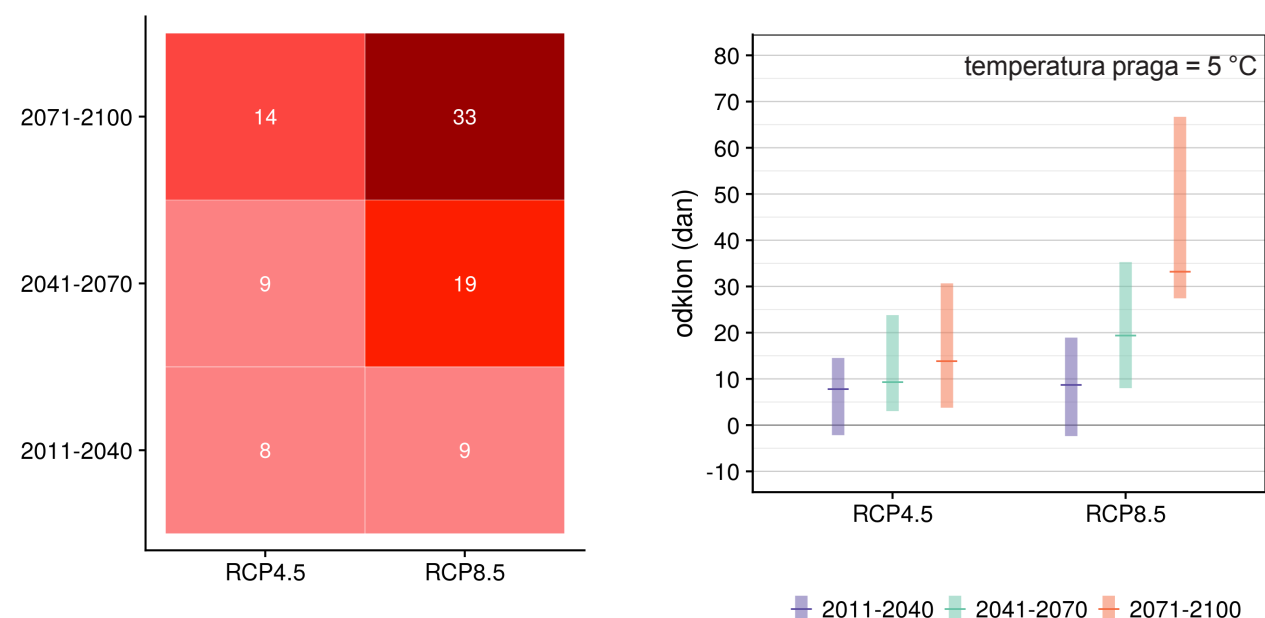


Prikaz poteka spremembe dolžine rastne dobe (zgoraj) ter dneva začetka (spodaj levo) in konca rastne dobe (spodaj desno) pri izbrani temperaturi praga 10 °C v Celju tekom 21. stoletja v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5) vključno z razponi možnih odstopanj.

Pri **temperaturi praga 10 °C** so spremembe pričakovano manjše. Po scenariju RCP4.5 se bo dolžina rastne dobe do konca 21. stoletja na večini obravnavanih lokacij podaljšala za 13 do 19 dni, razen v Ljubljani in v Velikih Dolencih (11 dni) ter Celju (21) in Portorožu (26 dni). K podaljšanju dolžine rastne dobe bo nekoliko manj prispeval zgodnejši začetek kot kasnejši konec, pričakuje se, da se bo začetek premaknil za 7 do 10 dni, razen v Ljubljani (4), Velikih Dolencih (5) ter Portorožu (13), konec pa za 7 do 12 dni, razen v Ljubljani (6 dni) in Portorožu (12 dni). Po pesimističnem scenariju RCP8.5 se bo do konca 21. stoletja rastna doba podaljšala za 38 do 45 dni, razen v Velikih Dolencih (36 dni) in Portorožu (54). Začetek bo nastopil 19 do 25 dni bolj zgodaj, konec pa 18 do 22 dni kasneje, z izjemo Portoroža (31 dni). Po tem scenariju se rastna doba v glavnem podaljšuje na račun zgodnejšega začetka, razen v Portorožu, kjer se povečuje na račun kasnejšega konca rastne dobe.



Temperaturna praga 5 °C in 10 °C po obdobjih



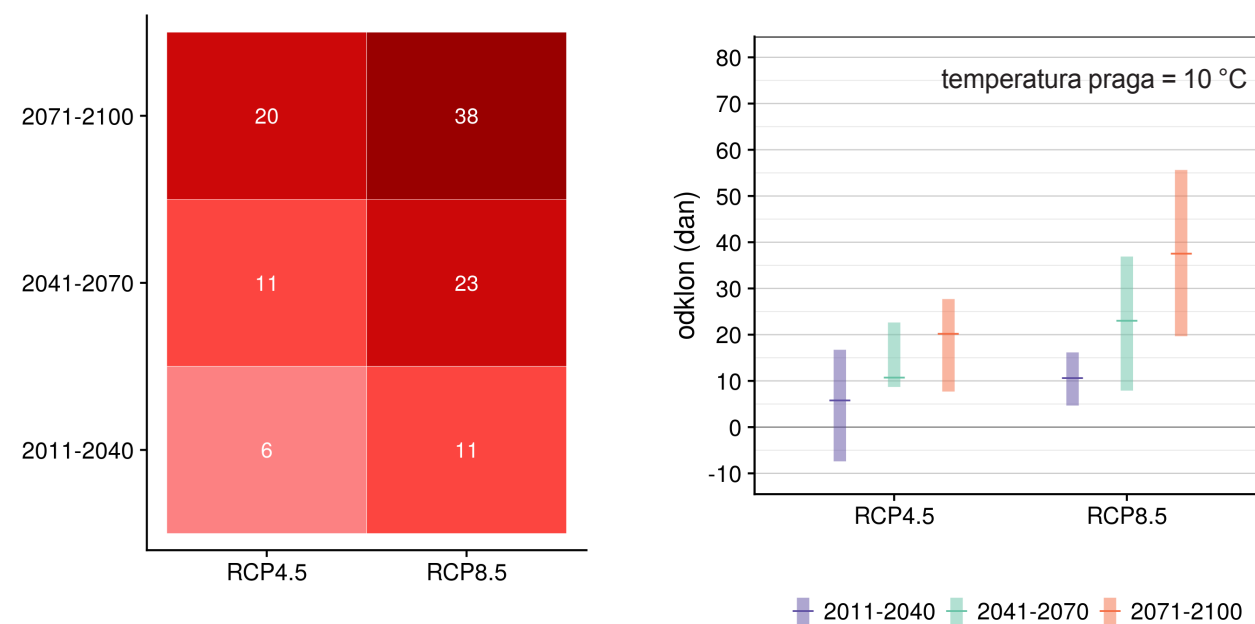
Povprečna sprememba **dolžine rastne dobe** (levo) in razponi možnih odstopanj (desno) pri izbrani **temperaturi praga 5 °C** v Celju v treh zaporednih tridesetletnih obdobjih v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5).

Pri **temperaturi praga 5 °C** se po zmerno-optimističnem scenariju **RCP4.5** v prvem obdobju do leta 2040 na večini obravnavanih lokacij značilnih sprememb v dolžini rastne dobe ne pričakuje. Izjeme so Starše z 9 dni, Ljubljana z 12 dni daljšo rastno dobo in Slovenske Konjice s 7 dni kasnejšim koncem. V drugem obdobju se bo dolžina podaljšala za 11 do 14 dni, razen v Biljah in Portorožu (16 dni) ter v Celju in Novem mestu, kjer sprememba ni pričakovana. Pri dnevu začetka je značilna sprememba le v Lescah (9 dni) in Portorožu (13), kasnejši dan konca pa je pričakovan od 5 dni v Portorožu do 10 dni v Ljubljani. V tretjem obdobju se bo rastna doba podaljšala za 17 do 23 dni, razen v Celju (14 dni) in Biljah (26). Začetek bo nastopil 10 do 14 dni prej, razen v Celju, kjer sprememba ni pričakovana in Slovenskih Konjicah, kjer so predvidene spremembe manj zanesljive, konec pa 7 do 10 dni kasneje, razen v Biljah (12 dni).

Tudi po scenariju **RCP8.5** v prvem obdobju na večini lokacij spremembe niso pričakovane, izjemi sta Ljubljana (10 dni) in Bilje (12) pri dolžini ter pri koncu rastne dobe Bilje (7 dni). V drugem obdobju se bo dolžina predvidoma podaljšala za 19 dni v Slovenskih Konjicah in Celju, 22 v Lescah, 30 v Portorožu, 33 v Biljah in na ostalih lokacijah za 25 do 28 dni. Začetek bo nastopil 13 do 15 dni prej, z izjemo Slovenskih Konjic (11 dni), Bilj (17), Portoroža (22 dni) ter Celja, kjer sprememba ni predvidena, konec pa 10 do 13 dni kasneje, razen v Portorožu (9) in Biljah (14 dni). V tretjem obdobju se pričakuje podaljšanje rastne dobe za 37 do 49 dni, razen v Celju (33) in Portorožu (57 dni). Začetek bo nastopil 23 do 27 dni prej, z izjemo Celja (15 dni), Slovenskih Konjic (17) ter Bilj (39) in Portoroža (40 dni), konec pa 18 do 22 dni kasneje, razen v Portorožu (14), Lescah (17) in Biljah (23 dni).

Pri **temperaturi praga 10 °C** se po scenariju **RCP4.5** v prvem obdobju značilnih sprememb ne pričakuje, tako pri dolžini kot pri dnevu začetka in konca. V drugem obdobju se pričakuje podaljšanje za 10 do 13 dni, razen v Portorožu (15 dni), Biljah (16 dni) in Velikih Dolencih, kjer sprememba ni predvidena. Pri dnevu začetka je značilna sprememba le v Ljubljani (6 dni), Portorožu (8) in Biljah (10), pri dnevu konca pa v Biljah in Slovenskih Konjicah (6 dni) ter v Celju in Lescah (7 dni). V tretjem obdobju se bo rastna doba podaljšala za 12 do 20 dni, razen v Portorožu (25 dni). Zgodnejši začetek je značilen le za Lesce in Slovenske Konjice (7 dni), Bilje in Celje (8 dni) ter Portorož (13 dni). Konec rastne dobe bo nastopil 7 do 12 dni kasneje, razen v Biljah, kjer sprememba ni predvidena.

Po pesimističnem scenariju **RCP8.5** se bo v prvem obdobju dolžina podaljšala za 8 do 11 dni, razen v Biljah (6 dni). Pri začetku ni značilne spremembe, prav tako tudi ne pri koncu, razen v Portorožu (7 dni). V drugem obdobju se bo na večini obravnavanih lokacij dolžina podaljšala za 18 do 21 dni, razen v Staršah (16 dni), Celju (23) ter Biljah in Portorožu (25 dni). Začetek bo nastopil 9 do 11 dni prej, z izjemo Celja (12 dni) in Bilj (13), konec pa 8 do 11 dni kasneje, razen v Biljah (14 dni) in Portorožu (15). V tretjem obdobju se pričakuje podaljšanje rastne dobe za 31 do 36 dni, razen v Celju (38 dni), Biljah (40) in Portorožu (42 dni). Začetek bo nastopil 15 do 18 dni prej, z izjemo Bilj (19 dni) in Portoroža (20), konec pa 17 do 19 dni kasneje, razen v Staršah (15 dni), Biljah (21) in Portorožu (24 dni).



Povprečna sprememba **dolžine rastne dobe** (levo) in razponi možnih odstopanj (desno) pri izbrani **temperaturi praga 10 °C** v Celju v treh zaporednih tridesetletnih obdobjih v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5).

Posledice spremembe dolžine rastne dobe

Tudi dolžina rastne dobe je pomemben kazalec podnebnih sprememb. Ne glede na različno metodologijo številnih raziskav spremenljivosti dolžine rastne dobe so vsem skupni naraščajoči trendi njene dolžine z največjo izraženo spremembo v vzhodni Evropi in severni Evropi. Od začetka devetdesetih let do danes se je rastna doba podaljšala za več kot 10 dni (Evropska agencija za okolje, 2017).

Rastna doba se bo v do konca 21. stoletja še podaljšala. K temu bo doprinesel tako njen zgodnejši začetek kakor tudi kasnejši konec. Pričakujemo lahko, da bo naraščanje dolžine rastne dobe vplivalo na širitev toplotno zahtevnejših rastlin na območja proti severu Evrope, v južnem delu Evrope pa bodo spremenjene toplotne razmere omogočale, da se bo rastna doba razpotegnila tudi v zimsko obdobje. V Sloveniji to lahko pričakujemo na Primorskem, kjer že v sedanosti lahko

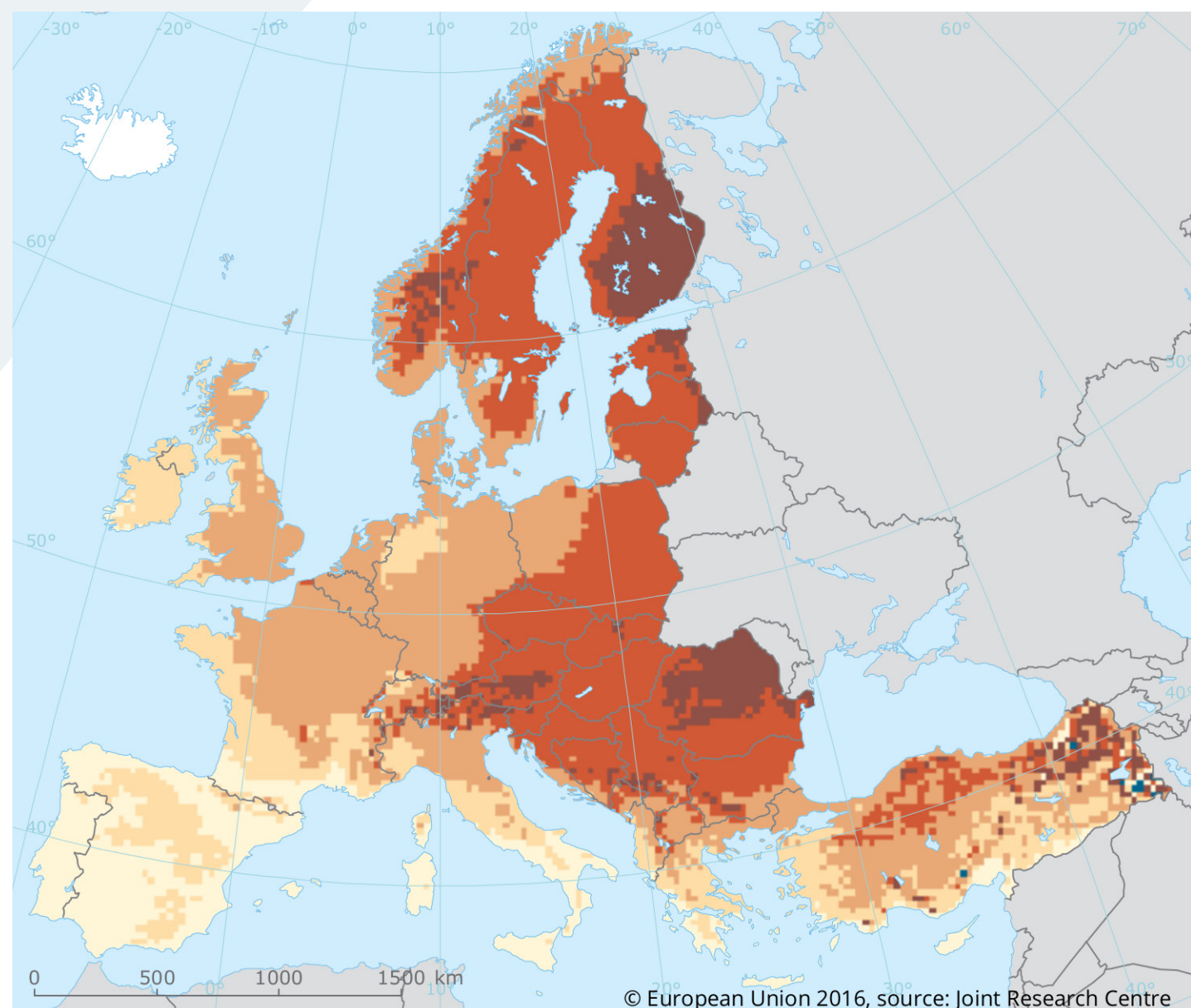


Foto: Alenka Mihorič, SOkol

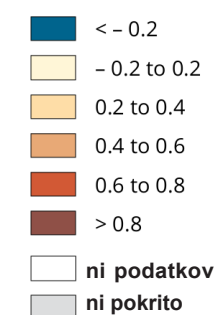
beležimo leta, ko povprečna temperatura zraka celo leto ne pade pod vegetacijski prag 5 °C (npr. leto 2014). V celinskem delu Slovenije v sedanosti rastna doba traja okoli 240 dni, do konca stoletja naj bi se po zmernem scenariju sprememb podaljšala na okoli 255 dni, po pesimističnem scenariju celo na več kot 270 dni (Celje). Precej podobne bodo spremembe dolžine rastne dobe, ki je omejena z višjim temperaturnim pragom 10 °C. Ta je mejen temperaturni prag za toplotno občutljivejše rastline, v Sloveniji na primer za vinsko trto, aktinidijo in toplotno občutljive zelenjadnice, tudi za koruzo. Nad tem temperaturnim pragom v sedanosti rastna doba traja okoli 175 dni, ob koncu 21. stoletja pa naj bi se podaljšala na 195 dni po zmernem oziroma na več kot 210 dni po pesimističnem scenariju.

Sprememba v dolžini rastne dobe bo lahko imela tako pozitivne kakor tudi negativne učinke na okolje oziroma na pridelek kmetijskih rastlin tudi v Sloveniji. Med pozitivne lahko štejemo večji izbor kmetijskih rastlin, ki bodo lahko uspevale tudi na območjih, kjer jih danes še ne gojimo in tudi uvajanje številnih novih toplotno zahtevnejših kmetijskih rastlin. V luči prilagoditvenih ukrepov se bo morala spremeniti tehnologija pridelave, kar pa bo poleg pozitivnih strani prineslo tudi številne negativne. Širile se bodo rastlinske bolezni, ki jih še ne poznamo, soočati se bomo morali tudi z invazivnimi rastlinskimi vrstami, zlasti pleveli. Večje bodo tudi potrebe po namakanju in zaščiti pred pozebo.

Projekcije sprememb drugih podnebnih dejavnikov kot sta temperatura zraka in tal in tudi količine vode v tleh kažejo, da bo rastiški svet ob daljši rastni dobi še bolj izpostavljen sušnim in vročim poletjem. Zaradi zgodnejšega fenološkega razvoja in zgodnejše setve pa kljub višjim temperaturam pomembna dejavnika tveganja ostajata tudi zastoj rasti ob ohladitvah ter pozeba, ki ju bodo prinašali naključni vdori polarnega zraka. Ocena pojava slednjih dveh faktorjev tveganja v prihodnosti pa je še precej negotova.



Število dni na leto



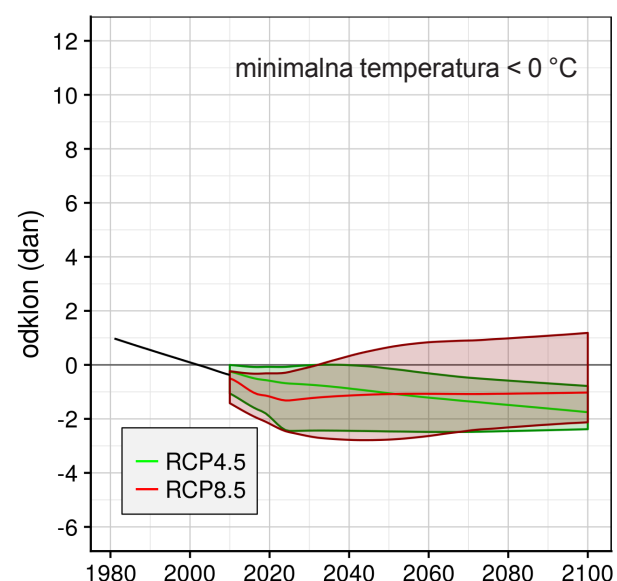
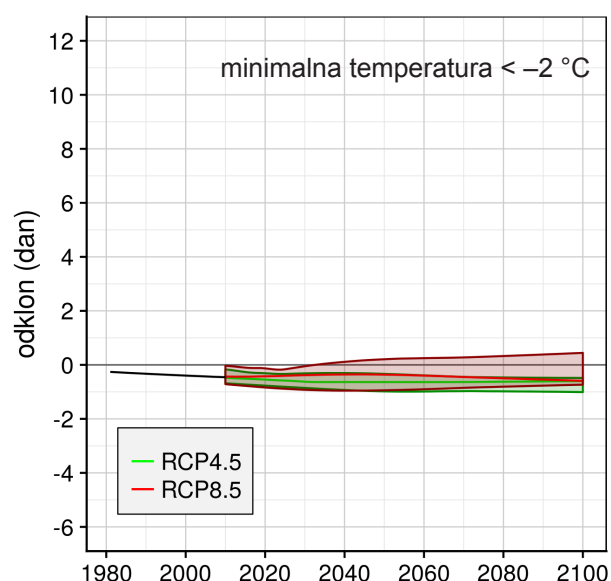
Trendi trajanja rastne dobe v Evropi (določena s številom dni brez zmrzali) v obdobju 1985–2014 (Evropska agencija za okolje, 2017).

POZEBA

Število dni s temperaturo pod kritično vrednostjo v rastni dobi

Do konca 21. stoletja se spremembe števila dni z minimalno temperaturo pod dvema izbranimi kritičnima vrednostma ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) v spomladanskem in jesenskem delu rastne dobe kljub njenemu podaljšanju ne pričakuje. Posredno bi lahko sklepali, da se tudi tveganje pred pozebo v pomladnem in jesenskem času ne spreminja. Za jesensko pozebo je izjema le Portorož, kjer se pri določeni opredelitvi začetka rastne dobe (temperatura praga $5\text{ }^{\circ}\text{C}$) pričakuje zmanjšanje

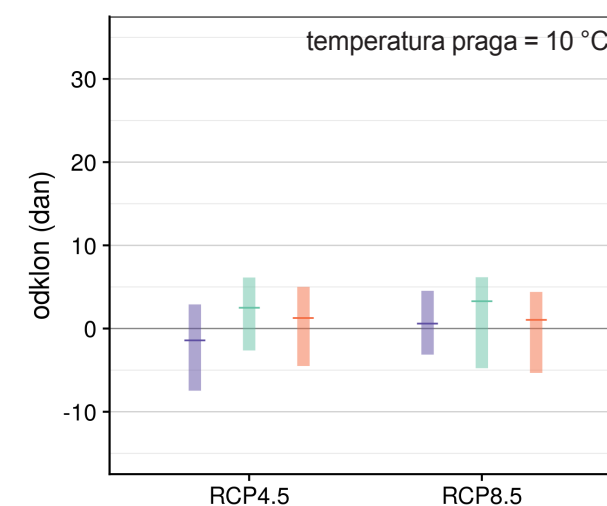
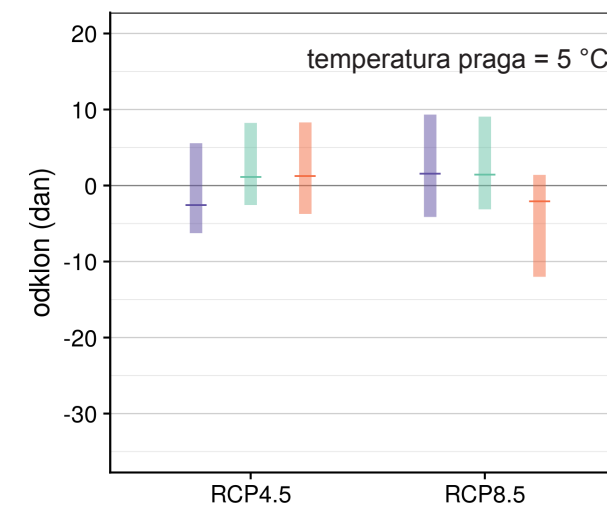
števila dni s tveganjem pozebe v rastni dobi, in sicer za 1.3 dni pri minimalni temperaturi zraka manjši od $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 2 dni pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Prikaz poteka spremembe števila dni s spomladansko pozebo v rastni dobi za **temperaturo praga $5\text{ }^{\circ}\text{C}$** pri minimalni temperaturi zraka manjši od $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (levo) oz. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (desno) v Celju tekem 21. stoletja v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5) vključno z razponi možnih odstopanj.

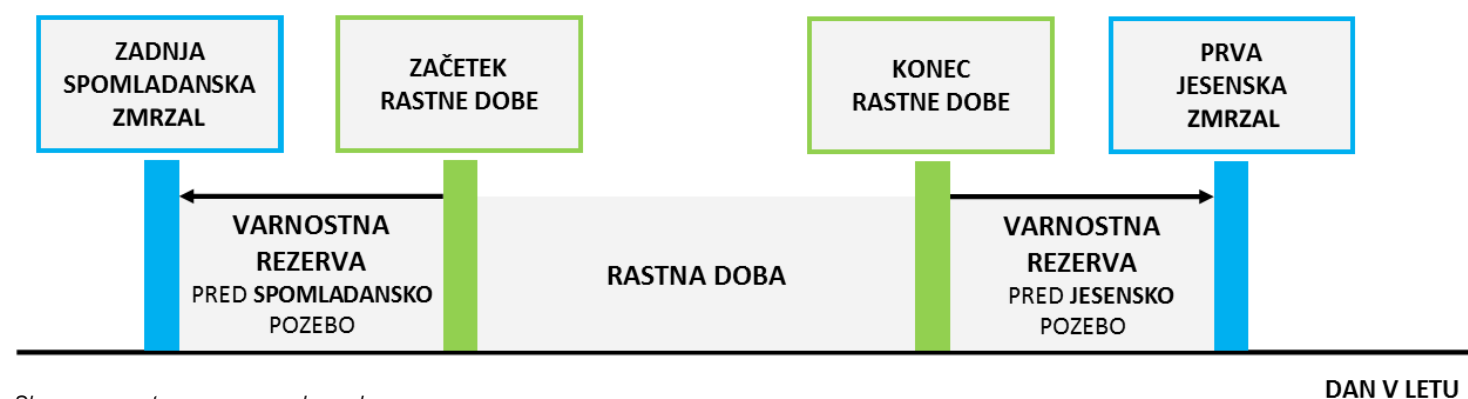
Varnostna rezerva pred pozebo

V zadnjem času nekateri avtorji (npr. Vitasse idr., 2018) za opredelitev tveganja pred pozebo uporabljajo pojem »varnostna rezerva«, ki predstavlja časovno obdobje med zadnjo spomladansko zmrzaljo in začetkom rastne dobe, oziroma koncem rastne dobe in prvo jesensko zmrzaljo (glej priloženo shemo). Čeprav se bo začetek rastne dobe pojavljal vedno bolj zgodaj, konec pa vedno kasneje, spremembe v dolžini varnostne rezerve pred pozebo iz dostopnih podatkov o pričakovanem razvoju podnebja v 21. stoletju ne moremo potrditi. Zaradi dviga temperature zraka se bo namreč tudi zadnja spomladanska zmrzal pojavljala vedno bolj zgodaj, jesenska pa kasneje. Spremembe so pričakovane na nekaj obravnavanih lokacijah le po pesimističnem scenariju RCP8.5 v zadnjem obdobju 21. stoletja. Varnostna rezerva pred spomladansko pozebo se bo pri temperaturi praga $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in minimalni temperaturi manjši od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ zmanjšala v Biljah, Ljubljani in Portorožu, in sicer za 10 dni, kar pomeni, da se bo tveganje za spomladansko pozebo povečalo. Varnostna rezerva pred jesensko pozebo se bo pri isti temperaturi praga in isti minimalni temperaturi povečala v Portorožu, in sicer za 6 dni, kar pomeni, da se bo tveganje za jesensko pozebo zmanjšalo.



■ 2011-2040 ■ 2041-2070 ■ 2071-2100

Razponi možnih odstopanj spremembe varnostne rezerve pred spomladansko pozebo za temperaturi praga $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (zgoraj) in $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (spodaj) pri minimalni temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Celju v treh zaporednih tridesetletnih obdobjih v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za dva scenarija (RCP4.5 in RCP8.5).



Shema varnostne rezerve pred pozebo.

Negotovost povečanega tveganja spomladanskih pozeb v prihodnosti

V slovenskem kmetijskem prostoru povzročijo največ škode pomladanske pozebe v sadjarstvu. Na obalnem območju je nevarna tudi zimska pozeba oljk. Jesenske pozebe zaenkrat ne predstavljajo težav, kar pa ne izključuje tveganja ob temperaturnih ekstremih zaradi spremenjene tehnologije pridelave ob daljši rastni dobi in njenem kasnejšem zaključku v jeseni. V sedanosti je tveganje spomladanske pozebe večje, kadar fenološki razvoj prehiteva zaradi pretoplega pozno zimskega in zgodnje spomladanskega obdobja. Škoda je največja, če pozeba prizadene sadno drevje v obdobju odpiranja cvetnih brstov. Polno odprti cvetovi koščičastih in pečkatih sadnih vrst pozebejo pri temperaturi zraka nižji od $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, če pa so temperature še nižje, je škoda običajno zelo velika, ker prizadene tudi odpirajoče brste. Pozeba vinske trte je v našem prostoru sicer redkejša, ker vinska trta vzbrsti, ko povprečna dnevna temperatura zraka preseže $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, a se je v bližnjih preteklih letih 2016 in 2017 zgodilo, da so pozeble odganjajoče mladike in mladi listi. Zanje so nevarne temperature pod $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Projekcije podnebnih sprememb do konca 21. stoletja so pokazale, da lahko pričakujemo zgodnejši začetek rastne dobe. Podobno tudi projekcija zadnjič spomladi zabeležene kritične temperature zraka kaže na zgodnejši pojav le te, kar lahko na prvi pogled pomeni, da se tveganje za spomladansko in jesensko pozebo v prihodnosti ne bo povečalo, razen po pesimističnem scenariju na Primorskem, in ponekod v urbanih območjih osrednje Slovenije, kjer se bo po drugi strani zmanjšalo tveganje jesenske pozebe.

Fenološki odziv rastline je poleg temperature zraka pogojen še s številnimi drugimi dejavniki, denimo s potrebnim hladnim obdobjem ob katerem poteka vermalizacija, z dolžino svetlega dne, genetskih in drugih dejavnikov, zaradi česar se fenološki razvoj na spremenjene toplotne razmere lahko odziva drugače, običajno hitreje, in ne poteka vedno sinhrono s temperaturo zraka. Tudi pogostost naključnih vdorov hladnega zraka v zgodnje spomladanskem obdobju v prihodnosti še ostaja negotova, zato tveganje za pozebo kljub podnebnim spremembam ostaja precejšnje. Po letu 2010 smo zabeležili tri hude spomladanske pozebe z razsežnostjo škode velike naravne nesreče. Bile so posledica sovpadanja občutljivih razvojnih faz odpiranja cvetnih brstov in cvetenja z ohladitvijo bodisi zaradi prezgodnjega fenološkega razvoja ali sovpadanja običajnega časa cvetenja z razmeroma poznim vdorom hladnega polarnega zraka.



$-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Nabrekanje brstov, brsti še zaprti

$-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Vidni cvetni brsti

$-3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Viden vrh cveta, stadij balona

$-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
Začetek cvetenja

$-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
Polno cvetenje

$-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
Konec cvetenja

Kritične temperature zraka za pozebo rodnih brstov in cvetov breskve v različnih razvojnih fazah (Kodrič, 2006).

Viri

Agencija RS za okolje, *Arhiv fenoloških podatkov*.

Agencija RS za okolje (2007). *Kazalci okolja v Sloveniji – dolžina letne rastne dobe* [online]. Dostopno na http://kazalci.arso.gov.si/kos2/?data=indicator&ind_id=747&lang_id=302

Agencija RS za okolje (2017). *Arhiv agrometeoroloških podatkov (po letu 1961)* [online]. Dostopno na: <http://www.meteo.si/met/sl/agromet/data/?op=switchOnAdmin>

Allen, D. E., B. P. Singh in R. C. Dalal (2011). Soil health indicators under climate change: a review of current knowledge. *Soil Health and Climate*, 29, stran 25–45.

Anandhi A. idr. (2013). Long-term spatial and temporal trends in frost indices in Kansas, USA. *Climatic Change*, 120, stran 169–181.

Evropska agencija za okolje (2015). *Soil and climate change* [online]. Dostopno na: <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2015/articles/soil-and-climate-change>

Evropska agencija za okolje (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 – An indicator-based report*. EEA poročilo št. 1/2017, Evropska agencija za okolje.

Kodrič I. (2006). *Zaščita pred spomladansko pozebo*. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano.

Oblišar G. (2016). *Priprava ocene vpliva podnebnih sprememb na fenološki razvoj negojenih in gojenih rastlin*. Končno poročilo, Agencija RS za okolje.

SOkol (2017). Dostopno na: <http://nfp-si.eionet.europa.eu/sokol/index.php>

Valher A. (2016). *Priprava ocene vpliva podnebnih sprememb na temperaturo tal in vodno bilanco*. Končno poročilo, Agencija RS za okolje.

Vitasse Y. idr. (2018). Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frost at higher elevations of Switzerland over the last four decades. *Agricultural and Forest Meteorology*, 248, stran 60-69.

Žust A. in A. Sušnik (1996). Spomladanska pozeba. *Ujma*, 10, stran 59-63.

Žust, A. idr. (2016). *Fenologija v Sloveniji: priročnik za fenološka opazovanja*. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: Povzetek dejavnikov okolja z vplivom na kmetijstvo in gozdarstvo
Ljubljana, januar 2018

Izdajatelj: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Ljubljana, Vojkova 1b

Odgovarja: mag Joško Knez, generalni direktor
Tehnično uredila: Živa Vlahovič

Pri pripravi povzetka so sodelovali:
mag. Mojca Dolinar, dr. Gregor Gregorič, Luka Honzak, dr. Andreja Sušnik, Živa Vlahovič, Ana Žust

Deskriptorji: podnebne spremembe, kmetijstvo, gozdarstvo, temperatura tal, rastna doba, pozeba, Slovenija, 21. stoletje, scenariji, modeliranje
Descriptors: climate change, agriculture, forestry, ground temperature, growing season, frost damage, Slovenia, 21st century, scenarios, modelling

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID=293467648
ISBN 978-961-6024-74-7 (epub)
ISBN 978-961-6024-75-4 (pdf)
URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/change/>

©2018, Agencije Republike Slovenije za okolje
Razmnoževanje publikacije ali njenih delov ni dovoljeno. Objava besedila in podatkov v celoti ali deloma je dovoljena le z navedbo vira.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE