

TRENDI ŠTEVILA DNI S SNEŽNO ODEJO IN VIŠINE SNEŽNE ODEJE V SLOVENIJI

TRENDS IN THE NUMBER OF DAYS WITH SNOW COVER AND SNOW COVER HEIGHT IN SLOVENIA

Igor ŽIBERNA

Oddelek za geografijo

Filozofska fakulteta

Koroška cesta 160,

SI - 2000 Maribor, Slovenija

igor.ziberna@um.si

Received/Priljeno: 25. 9. 2024.

Accepted/Prihvačeno: 19.1 1. 2024.

Original scientific paper/Izvorni znanstveni rad

UDK / UDC: 551.578.42(497.4)"1951/2024"

551.583.2(497.4)"19/20"

SAŽETAK

V članku obravnavamo trende števila dni s snežno odejo in višine snežne odeje v Sloveniji. Da bi prikazali spremembe snežne odeje v širši luči smo v analizo zajeli naslednje podnebne elemente: povprečna temperatura zraka, povprečna minimalna temperatura zraka, povprečna maksimalna temperatura zraka, število ledenih dni (število dni z maksimalno temperaturo zraka pod 0,0 °C), število dni s snežnimi padavinami, število dni s snežno odejo in povprečna mesečna višina snežne odeje. Uporabili smo podatke meteoroloških postaj iz različnih delov Slovenije z različnimi nadmorskimi višinami: Kredarica (2514 m), Vojsko (1067 m), Postojna (533 m), Novo mesto (220 m), Ljubljana Bežigrad (299 m), Celje (241 m), Maribor Tabor (275 m), Šmartno pri Slovenj Gradcu (455 m) in Murska Sobota (188 m). Za vse meteorološke postaje smo obravnavali podatke za obdobje med januarjem 1951 in decembrom 2023, pri zimskih obdobjih pa do vključno februarja 2024. Analizirali smo tudi napovedi sprememb števila dni s snežno odejo v Sloveniji do konca 21. stoletja. Pri tem smo uporabili modelno napoved MPI-ESM1-2-HR Inštituta Max Plank za meteorologijo iz Hamburga in sicer scenarij SSP370.

Ključne besede: Število dni s snežno odejo, višina snežne odeje, podnebne spremembe, Slovenija

Keywords: Number of days with snow cover, height of snow cover, climate change, Slovenia

1. UVOD

Snežna odeja je eden od najpomembnejših elementov globalnega podnebnega sistema zaradi svoje vloge pri spreminjanju energijske bilance planeta in vlage ter funkcije zalogovnika vode v hidrosferi. Sneg je zelo odseven material; odbojnost ali albedo novega snega je 0,8–0,9, kar pomeni, da se 80–90 % vpadne sončne energije odbije stran od površine. Ta lastnost v kombinaciji z odličnimi izolacijskimi lastnostmi snežne odeje pomembno zmanjša izmenjavo energije med površjem in ozračjem. Empirične študije so pokazale, da so temperature zraka ob prisotni snežni odeji običajno za 5° C nižje (Groisman Davies, 2001). Snežna odeja je tudi pomembna sestavina naravnih in človeških sistemov. Kopičenje snega je pomemben vir za pitno vodo, namakanje, proizvodnjo hidroelektrarn in naravne rečne ekosisteme (Jones et al., 2001). Pod 30 cm snega so organizmi in prst dobro zaščiteni pred ekstremnimi dnevnimi temperaturnimi nihanjem, ki se pojavljajo na snežni površini, izmenjave ogljika, metana in drugih plinov med tlemi in ozračjem pa se lahko nadaljujejo tudi v zimskem obdobju (Sommerfeld et al., 1993). Taleči se sneg na začetku pomladi napaja podtalnico in reke, tako da imajo rastline na začetku

vegetacijske dobe na voljo dovolj vlage. In nenazadnje: od snežnega pokrova je odvisna več milijard dolarjev vredna rekreacijska in turistična dejavnost v gorskih regijah. Sneg je po drugi strani lahko tudi nadloga in izvor nevarnost. Sneg lahko slabša vozne razmere zaradi zmanjšane vidljivosti in oprijema, velike količine snega lahko porušijo zgradbe, hitro taljenje snega pa lahko povzroči poplave. V gorskih območjih sveta so snežni plazovi vedno prisotna nevarnost, ki lahko povzroči izgubo življenj, materialno škodo in ovire v prometu (Thornes, 1997).

Na pojav snežne odeje in njeno debelino vplivajo drugi meteorološki elementi: od temperature zraka je odvisno, ali se bodo padavine pojavljale v obliki dežja ali sneženja, hkrati pa je pomembno tudi, kakšna je višina padavin. Pri temperaturah malce pod 0 °C zrak lahko vase sprejme več vlage, zato so snežne padavine obilnejše kot pri zelo nizkih temperaturah, pri katerih zrak lahko skladišči manj vlage. Na izdatnost snežnih padavin lahko vpliva tudi kombinacija gibanja zračnih mas in gorskih pregrad. Slednje lahko predstavljajo oviro pri premikanju zračnih mas, zato se te ob gorovjih dvigajo, vlaga se zaradi ohlajanja kondenzira v obliki oblakov, iz katerih sneži. Ob odsotnosti gorskih pregrad tega učinka ni (Lutgens, Tarbuck, 2016, 105).

Podnebne spremembe zgoraj naštetih pomene snežne odeje postavljajo v drugačno luč. Površje z zimske snežne odeje se na severni polobli zmanjšuje, a večja se tudi njena variabilnost. Po oceni 6. poročila Medvladnega panela za podnebne spremembe se bo obseg zimske snežne odeje na severni polobli zmanjšal za približno 8 % na 1 °C globalnega dviga temperature zraka. V januarju in februarju, ko na severni poluti snežna odeja doseže največjo površino, le-ta pokriva približno 45 % kopenske površine severne poloble (Climate Change 2021, 2023, 1216). Preučevanje procesov spreminjanja snežne odeje je za ohranjanje ekosistemov in kakovosti bivalnega okolja zato zelo pomembno. Učinke zmanjševanja snežne odeje v resnici že čutimo, pa ne le v luči zimskega turizma, pač pa tudi v obliki sprememb rečnih režimov in spremenjene vodne bilance spomladi in poleti (Žiberna, 2017).

Po poročilu Evropske okoljske agencije o podnebnih spremembah v Evropi se Evropa segreje intenzivneje kot preostali svet, Južna Evropa (kamor to poročilo uvršča tudi Slovenijo) pa se segreva intenzivneje kot preostanek Evrope. Trendi povprečnih temperatur so bili v Južni Evropi v obdobju 1992-2021 preračunani na desetletje kar 0,47 °C/10 let (povprečni globalni trend je okoli 1,0 °C/100 let, kar je skoraj pet krat nižja vrednost) (European Climate Risk Assessment 2024, 24).

V članku obravnavamo spremembe snežne odeje v Sloveniji v obdobju 1951-2024. Pri tem smo se osredotočili na trende števila dni s snežno odejo in trende povprečne višine snežne odeje. Spremembe snežne odeje v Sloveniji smo postavili tudi v širši prostorski in časovni kontekst: spremembe števila dni s snežno odejo obravnavamo tudi za območje celotne Evrope in sicer za obdobje 1981-2010, ter v luči napovedanih sprememb do konca 21. stoletja.

2. METODOLOGIJA

Snežna odeja je pojav, ki ga običajno povezujemo z višjimi geografskimi širinami in višjimi nadmorskimi višinami. Snežna odeja je posledica padavin v trdni obliki, ko te padajo v obliki snežink, ki se nabirajo na dovolj ohlajenih tleh. Sneženje je meteorološki pojav, pri katerem se padavine pojavljajo v trdni obliki, kot snežinke (Meteorološki terminološki slovar 1990, 80). Pojav je vezan na temperature pod lediščem vode. Posledica sneženja je pojav snežne odeje. Dan s snežno odejo zabeležimo, ko je ob 7. uri vsaj polovica površja pokrita z najmanj 1 cm debelo plastjo snega. Višino snežne odeje merimo z snegomeri. Gre za tri merilne palice, ki so na merilnem mestu meteorološke postaje zapičene pravokotno v tla v ogljiščih enakostraničnega trikotnika z dolžino stranice praviloma 10 m. Dežurni meteorolog ob 7. uri izmeri višino snežne odeje na vseh treh merilnih mestih in nato izračuna povprečno vrednost (Vertačnik, Bertalanč, 2015, 17). Danes na avtomatskih meteoroloških postajah uporabljamo laserski snegomer.

Da bi prikazali spremembe snežne odeje bolj celovito, smo v analizo zajeli naslednje podnebne elemente: povprečna temperatura zraka, povprečna minimalna temperatura zraka, povprečna maksimalna temperatura zraka, število ledenih dni (število dni z maksimalno temperaturo zraka pod 0,0 °C), število dni s snežnimi padavinami, število dni s snežno odejo in povprečna mesečna višina snežne odeje. V analizo smo zajeli meteorološke postaje iz različnih delov Slovenije: Kredarica (2514 m),

Vojsko (1067 m), Postojna (533 m), Novo mesto (220 m), Ljubljana Bežigrad (299 m), Celje (241 m), Maribor Tabor (275 m), Šmartno pri Slovenj Gradcu (455 m) in Murska Sobota (188 m). Za vse meteorološke postaje smo obravnavali podatke za obdobje med januarjem 1951 in decembrom 2023, pri zimskih obdobjih pa do vključno februarja 2024, le za meteorološko postajo Kredarica so zajeti podatki od januarja 1955 naprej, za meteorološko postajo Vojsko pa podatki od januarja 1961 naprej, saj sta obe postaji začeli z delovanjem kasneje. Podatke smo pridobili v arhivu Agencije republike Slovenije za okolje, Urada za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo. Za podatke smo izračunali povprečne mesečne vrednosti in trende za mesece, leto in zimo (čas od 1. decembra do 28. oz. 29. februarja).

Spremembe snežne odeje v Sloveniji smo postavili tudi v širši prostorski kontekst. V drugem delu članka smo za območje Evrope in Slovenije analizirali podatke o številu dni s snežno odejo za obdobje 1981-2010 iz baze Chelsa Climate, ter modelne napovedi o spremembah števila dni s snežno odejo za tridesetletne nize 2011-2040, 2041-2070 in 2071-2100. Pri tem smo uporabili modelno napoved MPI-ESM1-2-HR Inštituta Max Plank za meteorologijo iz Hamburga in sicer »srednji« scenarij SSP370. Podatki so v georeferenciranem TIF rastrskem formatu z velikostjo slikovne točke 1 km x 1 km (Medmrežje 1). Scenarij podnebnih sprememb SSP370 tudi poročilo Evropske okoljske agencije (European Climate Risk Assessment 2024) navaja kot verjetni scenarij spreminjanja podnebja v Evropi do konca 21. stoletja. Potrebno je namreč upoštevati tudi dejstvo, da se Evropa segreva hitreje kot večina ostalega sveta. To vpliva tudi na ostale podnebne elemente (vodna bilanca, prevetrenost, vremenski vzorci), ki vsi integralno vplivajo na oblikovanje podnebja. Zavedati pa se moramo, da noben scenarij ni zanesljiv, saj je neposredni in posredni vpliv vseh antropogenih dejavnikov na podnebje v prihodnosti (spremembe vrednot in življenjskega sloga, pandemije, vojne) težko natančno predvideti.

3. SPREMEMBE SNEŽNE ODEJE V SLOVENIJI OD SREDINE 20. STOLETJA DO DANES

Kot smo omenili že na začetku, je pojav snežne odeje odvisen od temperaturnih razmer (temperature pod 0 °C omogočajo da se padavine lahko pojavijo v obliki sneženja, hkrati pa omogočajo, da se snežna odeja obdrži dlje časa) in padavinskih razmer (več padavin pri temperaturah pod 0 °C omogoča debelejšo snežno odejo).

Glede na dejstvo, da se obravnavane meteorološke postaje nahajajo na različnih nadmorskih višinah in v različnih podnebnih območjih Slovenije, so posledično tudi temperaturne razmere različne. Za vse postaje razen za Kredarico je značilno, da se ekstremne temperature pojavljajo s približno enomesečnim zamikom za solsticijem: najnižje temperature v januarju, najvišje pa v juliju. Na meteorološki postaji Kredarica se ekstremne temperature pojavljajo še z dodatnim zamikom, tako da v povprečju beležimo najnižje temperature v februarju, najvišje pa med julijem in avgustom, kar pa je za visokogorje nekaj običajnega (Gams, 1986, 133). Negativne povprečne temperature se na Kredarici pojavljajo v sedmih mesecih (med novembrom in aprilom), na meteoroloških postajah Vojsko in Šmartno pri Slovenj Gradcu v treh mesecih (med decembrom in februarjem), na ostalih postajah pa le v januarju. Negativne povprečne minimalne mesečne temperature se na Kredarici pojavljajo v osmih mesecih (med oktobrom in majem), na Vojskem, v Postojni, Celju in Šmartnem pri Slovenj Gradcu v štirih mesecih (med decembrom in marcem), na preostalih postajah pa v treh zimskih mesecih (med decembrom in februarjem). V Celju in predvsem v Šmartnem pri Slovenj Gradcu k negativnim marčevskim negativnim temperaturam zanesljivo prispeva tudi kotlinska lega, kjer se na koncu zime zaradi še vedno relativno dolge noči zbira hladen zrak na kotlinskem dnu. V Šmartnem pri Slovenj Gradcu zimske temperature niža še dejstvo, da je odtok hladnega zraka po Mislinjski dolini otežen zaradi zožitve dolinskega dna med Rahtelom in Pohorjem. Povprečne minimalne zimske temperature so daleč najnižje na Kredarici (-10,0 °C), medtem ko so v Šmartnem pri Slovenj Gradcu -5,3 °C, na Vojskem -4,3 °C, v Celju pa -4,0 °C. V Mariboru in Postojni so te -2,9 °C, v Ljubljani pa -2,0 °C. Povprečne maksimalne mesečne temperature so na Kredarici nižje od ničle v šestih mesecih (med novembrom in aprilom), medtem ko so na ostalih postajah vse mesece nad ničlo. Povprečne zimske maksimalne temperature so na Kredarici -4,4 °C, na Vojskem 1,4 °C, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 3,2 °C na vseh preostalih postajah pa nad 4,0 °C. Vpliv nadmorske višine in kotlinske lege se odraža tudi na številu ledenih dni (dni z maksimalno temperaturo pod

0,0 °C). Ledeni dnevi se na Kredarici pojavljajo v vseh mesecih (v juliju in avgustu v povprečju dva krat na deset let), medtem ko se na Vojskem ledeni dnevi ne pojavljajo v avgustu. Na večini ostalih postaj se ledeni dnevi ne pojavljajo med aprilom in oktobrom. V povprečju največ letnih ledenih dni beleži postaja Kredarica (148,0), medtem ko je teh na Vojskem 40,7, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 22,9, v Mariboru pa 18,6. Pozimi je povprečno število ledenih dni na Kredarici 71,1, na Vojskem 31,5, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 21,1, v Mariboru pa 17,2.

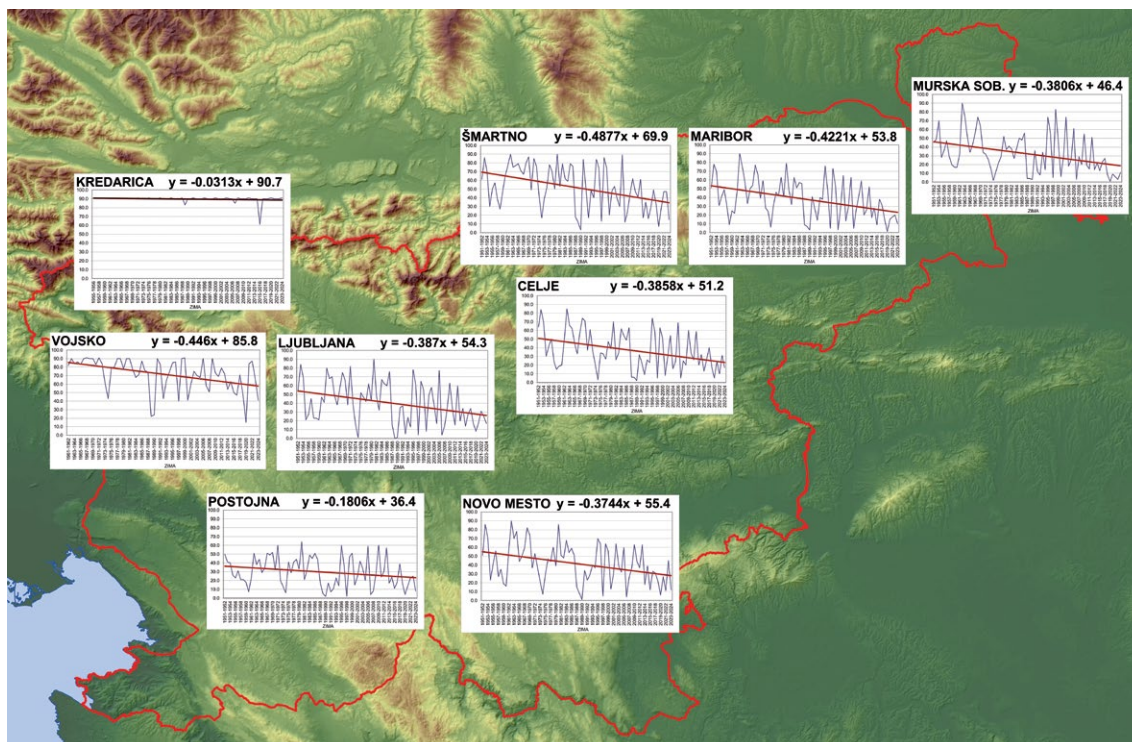
V nadaljevanju bomo predstavili trende temperatur po meteoroloških postajah, ki so preračunani na 50-letno obdobje. Na vseh meteoroloških postajah so zabeleženi pozitivni trendi tako letnih kot tudi zimskih povprečnih temperatur zraka. Najvišji trend povprečnih letnih temperatur zraka v obdobju 1951-2023 beleži meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad (2,1578 °C/50 let), kar je v veliki meri tudi posledica učinka mestnega toplotnega otoka. Relativno visoke trende je zaznati še na postajah Novo mesto (1,9636 °C/50 let), Maribor (1,8988 °C/50 let) in Postojna (1,8072 °C/50 let). Na Kredarici je trend povprečnih letnih temperatur 1,5914 °C/50 let, najnižji pa je na postaji Vojsko (1,2298 °C/50 let). Zime se povprečju segrevajo intenzivneje, saj so trendi povprečnih zimskih temperatur na vseh postajah višji od trendov povprečnih letnih temperatur, le na Kredarici sta oba trenda primerljiva.

Trendi povprečnih minimalnih temperatur so v povprečju nekaj višji od trendov povprečnih temperatur in so pri vseh postajah pozitivni. Tudi pri minimalnih temperaturah se kaže sezonski vpliv: najvišji trendi (razen na Vojskem) nastopajo januarja in v poletnih mesecih, medtem ko so marca, aprila in septembra nekoliko nižji. Trendi povprečnih minimalnih temperatur so najvišji v Murski Soboti (2,6104 °C/50 let), v Novem mestu (2,5712 °C/50 let) in Mariboru (2,5410 °C/50 let), medtem ko na Kredarici znašajo 1,5477 °C/50 let). Tudi pri trendih povprečnih maksimalnih temperatur lahko opazimo, da se najvišji trendi pojavljajo poleti in pozimi. Trendi zimskih povprečnih maksimalnih temperatur so na Kredarici 1,5963 °C/50 let, najvišji pa so v Celju (2,7417 °C/50 let) in v Ljubljani (2,5520 °C/50 let).

Število ledenih dni se na vseh meteoroloških postajah znižuje. Trendi letnega števila ledenih dni se najintenzivneje znižujejo na Kredarici (-30,3 dni/50 let), na Vojskem ta znaša -16,9 dni/50 let, v Celju -14,9 dni/50 let, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu pa -14,5 dni/50 let. V času zime so trendi najizrazitejši na Vojskem (-14,6 dni/50 let), v Celju (-14,9 dni/50 let) in v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (-14,5 dni/50 let).

Posledica višanja temperatur se odraža tudi v številu dni s snežnimi padavinami. Na Kredarici se snežne padavine lahko pojavljajo v vseh mesecih, na Vojskem med oktobrom in majem, v Postojni, Ljubljani in Šmartnem pri Slovenj Gradcu med oktobrom in aprilom, na ostalih postajah pa med novembrom in aprilom. Seveda se sneženje lahko pojavi tudi v maju, vendar so taki primeri redki. V Ljubljani so se snežne padavine pojavljale le enkrat v maju (leta 1969), podobno je tudi v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (v maju leta 1957). Povprečno letno število dni s snežnimi padavinami je najvišje na Kredarici (104,0 dni) in na Vojskem (28,2 dni), nato pa z nižanjem nadmorske višine pada: v Novem mestu je takih dni 16,6, v Postojni 14,4, v Ljubljani 14,6, v Celju 15,3, v Mariboru 15,6, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 18,2 in v Murski Soboti 13,4. Število dni s snežnimi padavinami od zime do zime zelo niha. V Mariboru so npr. imeli v zimi 2012-2013 29 dni s snežnimi padavinami, v zimi 1962-1963 27 dni, v zimi 2009-2010 26 dni, medtem ko v zimi 1989-1990 le en dan. V zimi 2023-2024 je bilo v Mariboru le 7 dni s snežnimi padavinami. Vendar pa število dni s sneženjem ni nujno v povezavi s številom dni s snežno odejo ali višino snežne odeje, saj se lahko pojavljajo velike razlike v trajanju in intenzivnosti sneženja. Trendi števila dni s snežnimi padavinami v zimskih mesecih so povsod, razen na Vojskem in Ljubljani negativni: na Kredarici se število dni s snežnimi padavinami niža s trendom -2,5996 dni/50 let, v Postojni je ta trend -0,1697 dni/50 let, v Novem mestu -1,1446 dni/50 let, v Mariboru -1,8342 dni/50 let, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu -0,7621 dni/50 let, v Murski Soboti pa -2,2584 dni/50 let.

Število dni s snežno odejo je v tesni povezavi z nadmorsko višino, na daljše trajanje obdobja s snežno odejo pa lahko vplivajo tudi lokalne reliefne razmere: v zaprtih kotlinah, kjer se zbira hladen zrak, se snežna odeja obdrži dlje časa. Letno število dni s snežno odejo je v povprečju daleč najvišje na Kredarici (258 dni). Snežna odeja se tam lahko pojavlja v vseh mesecih, najnižja pa je avgusta (v povprečju 1,3 dni) julija (4,0 dni) in septembra (6,2 dni). Na Vojskem je povprečno letno število dni s snežno odejo 117,6 dni, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 65,3 dni, v Novem mestu 51,5 dni, na vseh



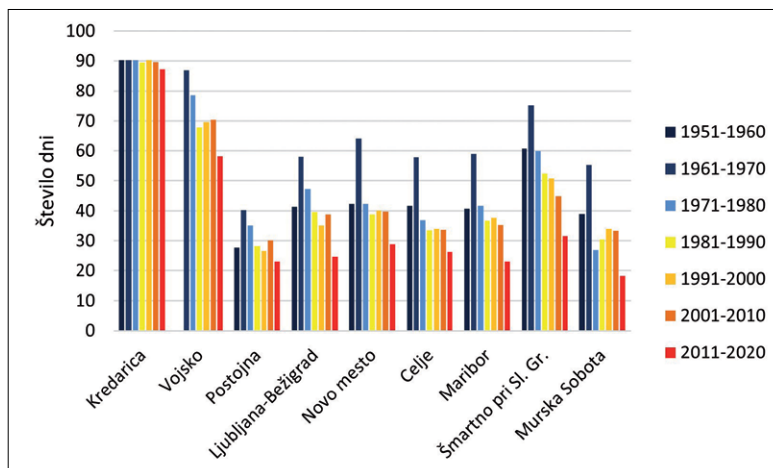
SI. 1. Trendi števila dni s snežno odejo pozimi v Sloveniji v obdobju 1951-2024.

Vir: Arhiv Agencije republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo; Lastni izračuni 2024.

ostalih postajah pa je nižje od 50 dni, najnižje pa je v Murski Soboti (38,2 dni) in v Postojni (38,4 dni). Število dni s snežno odejo v zimskih mesecih ne kaže tako velikih razlik kot na letnem nivoju: na Kredarici je takih dni v povprečju 89,7, na Vojskem 71,6, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 51,9, najmanj pa v Postojni (29,7) in Murski Soboti (32,3). Število dni s snežno odejo se tako na letnem nivoju in v času zime na vseh meteoroloških postajah znižuje. Na Kredarici trend znaša -1,6 dni/50 let, v Postojni pa -9,0 dni/50 let. Število dni s snežno odejo se najbolj znižuje v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (-24,4 dni/50 let), na Vojskem (-22,3 dni/50 let) in v Mariboru (-21,1 dni/50 let). Trendi zmanjševanja števila dni s snežno odejo so najizrazitejši v januarju in februarju, le na Vojskem v marcu (Slika 1).

Nazorna je tudi primerjava povprečnega števila dni s snežno odejo v zimskih mesecih po desetletjih. Ugotovimo lahko, da število dni s snežno odejo pada, da je bilo od sredine 20. stoletja največ dni s snežno odejo praviloma v 60. letih in da je v drugem desetletju 21. stoletja ta številka najnižja. Če so v Mariboru v 60. letih imeli v povprečju 59 dni s snežno odejo na zimo, se je ta številka do desetletja 2011-2020 znižala na 23,2 dni (Slika 2).

Poleg števila dni s snežno odejo je pomemben tudi podatek o njeni višini. Povprečna letna višina snežne odeje je najvišja na Kredarici in znaša 133,4 cm. Na Vojskem je ta 15,6 cm, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 2,6 cm, v Novem mestu 2,0 cm, na preostalih obravnavanih meteoroloških postajah pa povsod nižja od 2 cm. Zimska povprečna višina snežne odeje je 189,1 cm, na Vojskem 38,8 cm, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 8,3 cm, v Mariboru 5,8 cm, najnižja pa je v Postojni (4,0 cm) in Murski Soboti (3,9 cm). Na Kredarici je zaradi kopičenja zapadlega snega najvišja povprečna višina snežne odeje pomaknjena v april (309,2 cm), nato pa se v maju zniža na 250,7 cm, v juniju pa na 96,8 cm. Na nižje ležečih meteoroloških postajah se najvišja višina snežne odeje pojavlja v januarju ali februarju, saj daljši dan in višji višinski kot Sonca v marcu že povzročata višanje temperatur in s tem taljenje snega. Kot zanimivost naj omenimo, da je znašala rekordna višina snežne odeje na Kredarici 700 cm in je bila zabeležena 22. aprila 2001. Ob tej naj dodamo še, da je v celotni zimski sezoni 2000-2001 skupaj zapadlo kar 1662 cm snega. Najvišja višina snežne odeje, zabeležena na meteorološki postaji Vojsko je 25. in

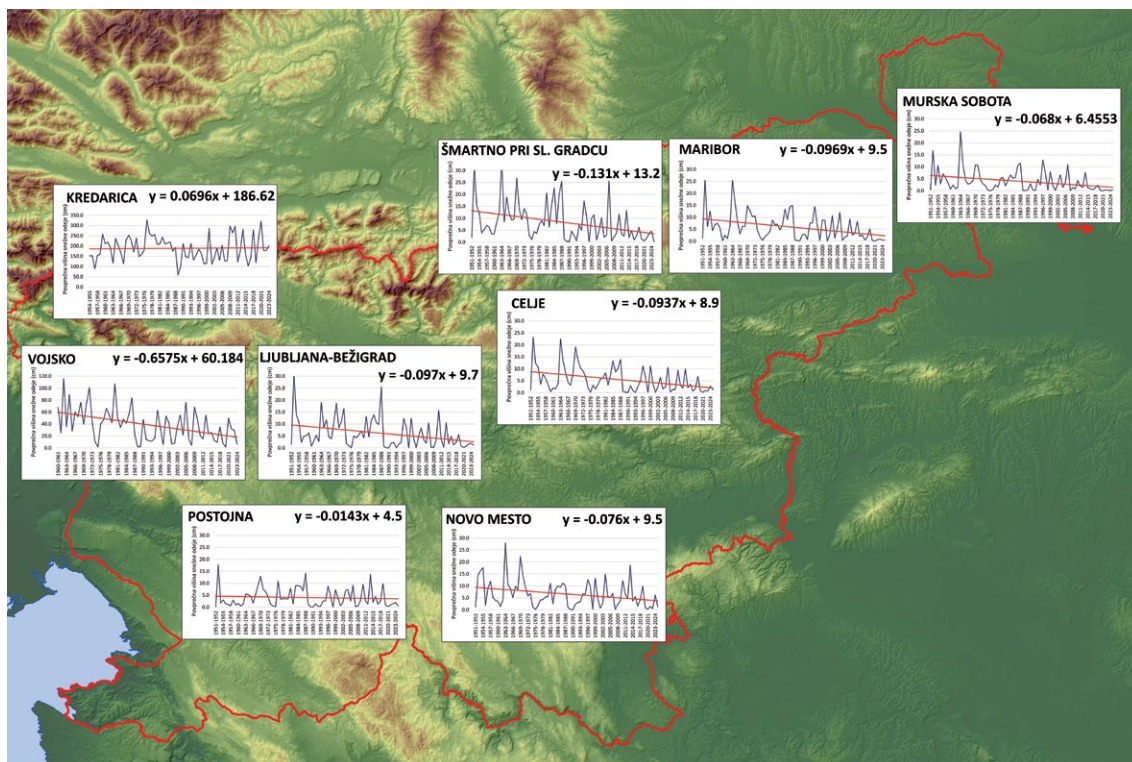


Sl. 2. Povprečno število dni s snežno odejo v zimskih mesecih (december, januar, februar) po desetletjih.

Vir: Arhiv Agencije republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo; Lastni izračuni 2024.

26. februarja 1963 znašala 246 cm. Visoko snežno odejo smo v Sloveniji imeli tudi med 15. in 17. februarjem 1952, ki so rekordne višine snežne odeje imeli v Ljubljani (146 cm), v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (100 cm), v Postojni (94 cm), v Mariboru (88 cm), in Celju (78 cm). Miran Trontelj v svoji knjigi »Kronika izrednih vremenskih dogodkov XX. Stoletja« (Trontelj, 1997) navaja, da je med 13. in 15. februarjem v Sloveniji nepretrgoma snežilo kar 50 ur, že pred tem sneženjem pa je marsikje že obstajala kar obilna snežna odeja. Prihajalo je do zastojev v prometu, nekatere vasi na Tolminskem so bile odrezane od sveta, snežni plazovi pa so povzročali veliko škode na infrastrukturi, terjali pa tudi nad deset mrtvih. Nekatere domačije so od ostalega sveta ostale odrezane več tednov in tja so hrano in zdravila odmetavali z letali. V Ljubljani se je zaradi velike obtežbe udrlo več streh, v ozkih ulicah pa so nasprotni strani povezovali kar s predori, izkopanimi v sneg. V Novem mestu so imeli najvišjo višino snežne odeje 17. februarja 1969 (103 cm), v Murski Soboti pa 8. marca 1952 in 11. februarja 1986 (v obeh primerih po 61 cm).

Trendi povprečne višine snežne odeje so na vseh meteoroloških postajah, razen na Kredarici negativni. Vertačnik in Bertalanč (2017) opozarjata, da so podatki z visokogorskih postaj problematični zaradi kakovosti meritev. Ob tem je potrebno upoštevati še dogajanje v zvezi s površino in debelino Triglavskega ledenika v neposredni bližini. Monitoring Triglavskega ledenika od 50. let 20. stoletja opravljajo geografi z Geografskega inštituta Antona Melika, ki deluje v okviru ZRC SAZU. Na osnovi rezultatov vsakoletnega monitoringa lahko sklepamo, da obstaja velika verjetnost, da bo ledenik, ki je po letu 2000 že razpadel na manjše fragmente postopoma izginil. Ob začetku meritev v sredini petdesetih let 20. stoletja je bilo tališno obdobje ledenika krajše od redilnega, v zadnjih desetletjih pa je ravno obratno. Prav zaradi povsem mejnih temperaturnih razmer in drugih, od tega odvisnih dejavnikov za rast in krčenje ledenika, imamo opravka z zelo krhkim ledeniškim ravnovesjem (Medmrežje 2). Proces izginjanja snežne odeje v našem visokogorju so torej zelo prisotni. Trend zmanjševanja povprečne višine snežne odeje v zimi je daleč najizrazitejši na Vojskem (-32,8 cm/50 let). Med nižje ležečimi postajami izstopajo Šmartno pri Slovenj Gradcu (-6,6 cm/50 let), Maribor in Ljubljana-Bežigrad (na obeh postajah po -4,8 cm/50 let) in Celje (-4,7 cm/50 let) (Slika 3). Na večini postaj je negativni trend najizrazitejši v februarju, nekaj nižji pa je v januarju. Da je variabilnost snežnih padavin in višine snežne odeje v visokogorju velika nakazuje tudi podatek, da so na meteorološki postaji Kredarica rekordno povprečno zimsko višino padavin izmerili v zimi 2020-2021 (322,0 cm), najnižjo pa v zimah 1988-1989 (58,5 cm) in 1956-1957 (88,6 cm). Na nižje ležečih postajah se ekstremi pojavljajo v večji skladnosti s podnebnimi spremembami. Po visokih povprečnih višinah snežne odeje so izstopale zime 1951-1952 in 1962-1963. V Ljubljani je bila v zimi 1951-1952 povprečna višina snežne odeje 31,1 cm, v Celju 23,3 cm, v Mariboru 25,4 cm, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 32,0 cm, v Murski Soboti pa 16,8 cm. Zima 1962-1963 je bila v severovzhodni Sloveniji še nekoliko radodarnejša s snežno odejo, saj je bila takrat povprečna višina snežne odeje v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 33,3 cm, v Mariboru 25,5 cm in v Murski Soboti 24,6 cm. V zadnjih dobrih dveh desetletjih pa opazamo zniževanje povprečne višine snežne

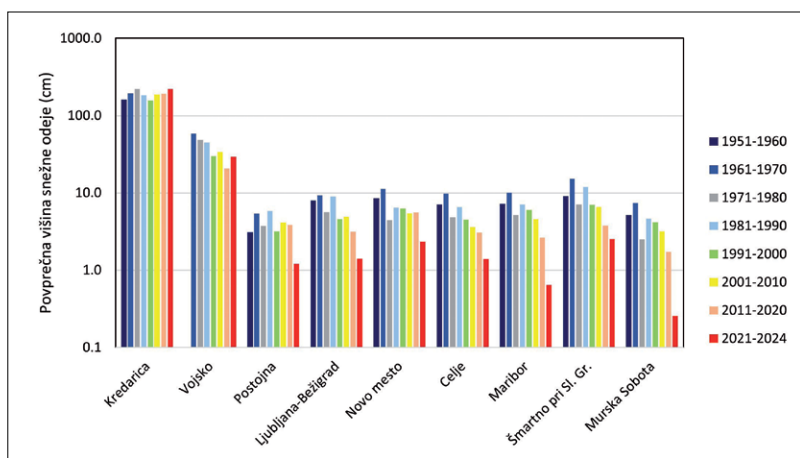


SI. 3. Trendi povprečne višine snežne odeje pozimi v Sloveniji v obdobju 1951-2024.

Vir: Arhiv Agencije republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo; Lastni izračuni 2024.

odeje. V Postojni je bila povprečna zimska višina snežne odeje višja od 10 cm nazadnje v zimi 2012-2013 (pred tem pa v zimi 1986-1987), v Ljubljani, Novem mestu in Šmartnem pri Slovenj Gradcu v zimi 2012-2013, v Celju, Mariboru in Murski Soboti pa v zimi 2005-2006. Vedno pogosteje imamo tudi primere s povprečno zimsko višino snežne odeje 0,0 cm. To ne pomeni, da snežne odeje v tej zimi ni bilo, bila je le kratkotrajna in skromna po višini. Take primere smo imeli npr. v zimi 2019-2020 v Mariboru in Murski Soboti, zelo skromna s snežno odejo je bila tudi zima 1989-1990.

V večini Slovenije se pojavlja trend upadanja povprečne zimske višine snežne odeje po desetletjih, kar prikazuje Slika 4 (v zadnje obdobje so zajeti le podatki do vključno zime 2023-2024), izraziteje pa predvsem v severovzhodni Sloveniji (meteorološki postaji Maribor in Murska Sobota).



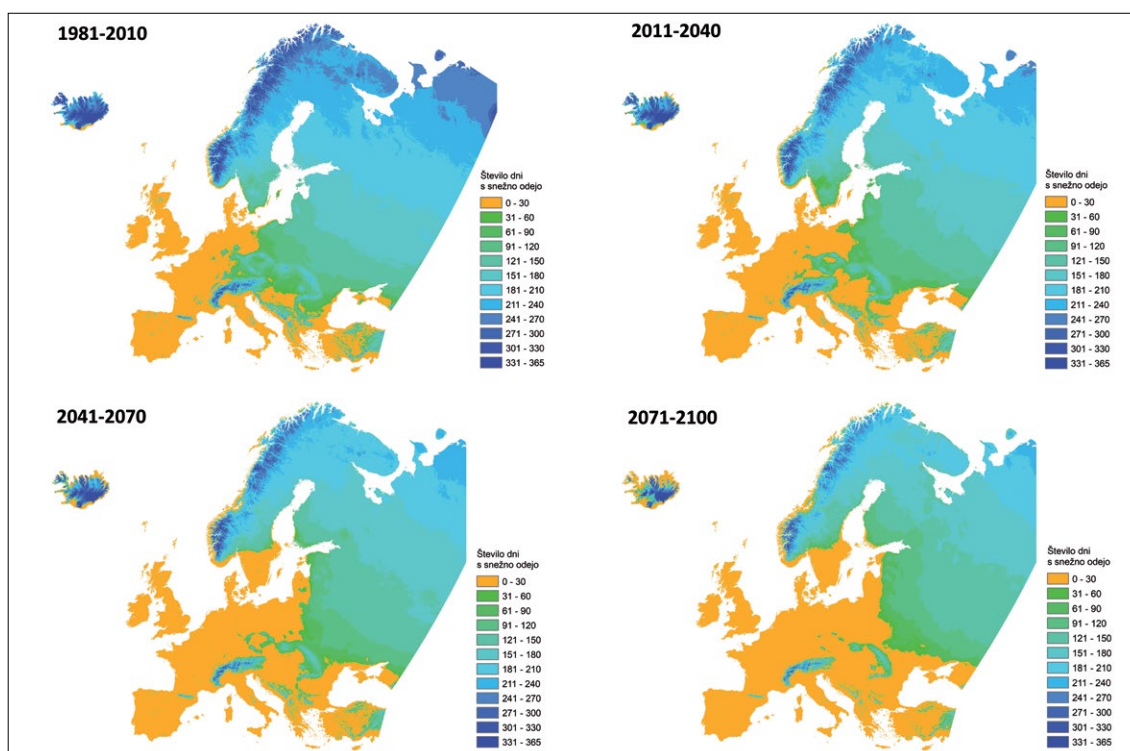
SI. 2. Povprečno število dni s snežno odejo v zimskih mesecih (december, januar, februar) po desetletjih.

Vir: Arhiv Agencije republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo; Lastni izračuni 2024.

4. NAPOVEDI SPREMEMB LETNEGA ŠTEVILA DNI S SNEŽNO ODEJO DO KONCA 21. STOLETJA

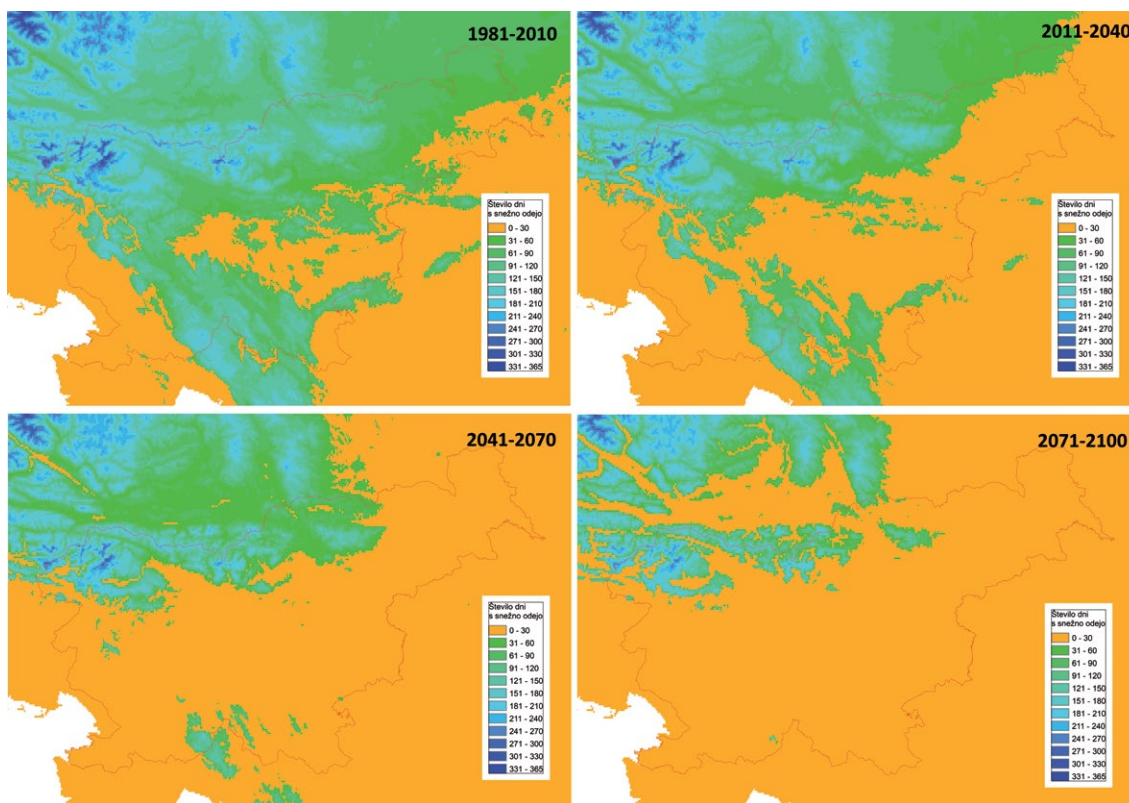
Za modeliranje sprememb podnebnih elementov do konca 21. stoletja so bili izdelani številni modeli, ki upoštevajo različne nivoje ukrepanja naše civilizacije glede emisij toplogrednih plinov (shared socioeconomic pathways ali SCP). V našem primeru smo uporabili modelno napoved MPI-ESM1-2-HR Inštituta Max Plank za meteorologijo iz Hamburga in sicer »srednji« scenarij SSP370, ki predstavlja vmesno varianto med zavezami po Pariškem podnebnem sporazumu SSP126 (teh kot kaže ne bomo dosegli) in manj optimističnim modelom SSP585, ki predvideva antropogeni prispevek k energijski bilanci planeta v višini $8,5 \text{ W/m}^2$ do leta 2100 in do katerega bi prišlo, če bi kot vir energije še vedno uporabljali pretežno fosilna goriva in ohranjali naš trenutni življenjski slog.

Po napovedih zgoraj omenjenega modela bi se naj v Evropi do konca 21. stoletja bistveno povečal delež površja s številom dni s snežno odejo manjšim od enega meseca. Če je v obdobju 1981–2010 delež površja s številom dni s snežno odejo pod 30 dni znašal 25,3 %, se bo ta do konca 21. stoletja dvignil na 44,1 %. Po drugi strani se bo več kot prepolovil delež površja s številom dni s snežno odejo nad 180 dni. V obdobju 1981–2010 se je najmanj pol leta trajajoča snežna odeja nahajala na 38,7 % površja Evrope, do konca 21. stoletja pa bi naj ta delež padel na le 11,1 %. Zmanjševanja števila dni s snežno odejo je v skladu z izotermami v hladni polovici leta, ko te potekajo pretežno v poldnevniški smeri, predvsem zaradi velikega pomena advekcije relativno toplejših zračnih mas iznad Atlantskega oceana proti vzhodu v notranjost kontinenta (Šegota 1996, 94). Države zahodne Evrope, ki so zaradi svoje lege bolj izpostavljene vplivom Atlantskega oceana in imajo zato blage zime so imele že v obdobju 1981–2010 v povprečju manj kot 30 dni s snežno odejo. To območje se bo razširilo proti vzhodni Evropi. Le Islandija, večji del Skandinavije, Alp, Karpatov, Pirenejev, ter razdrobljena območja v Dinarskem gorstvu in Balkanu bodo imela nad 30 dni s snežno odejo. Ob nadaljevanju sedanjih trendov podnebnih sprememb lahko do konca 21. stoletja največje zmanjšanje števila dni s snežno odejo pričakujemo v Estoniji, Latviji, Litvi, Belorusiji, Ukrajini, Češki, Moldaviji, na Poljskem in na Slovaškem, torej v državah z nekoliko bolj poudarjenim celinskim podnebjem (Slika 5).



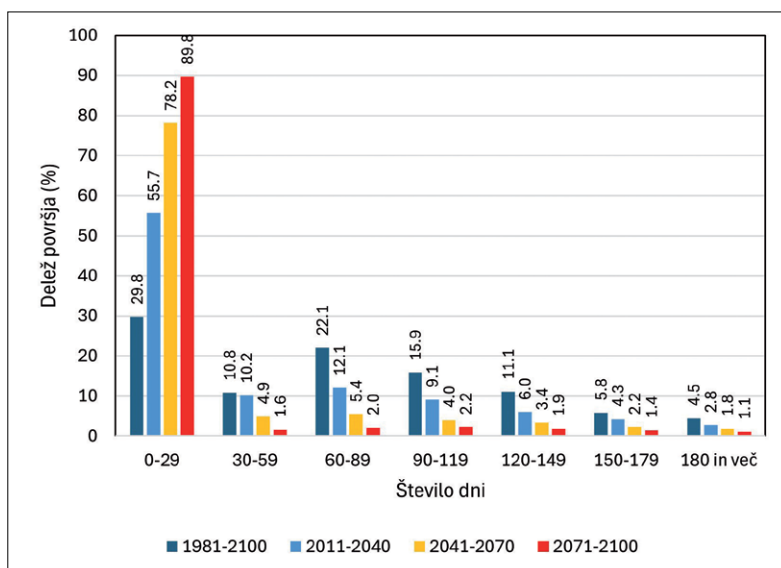
Sl. 5. Projekcije spreminjanja števila dni s snežno odejo v Evropi do konca 21. stoletja.

Vir: Medmrežje 1; Lastni izračuni.

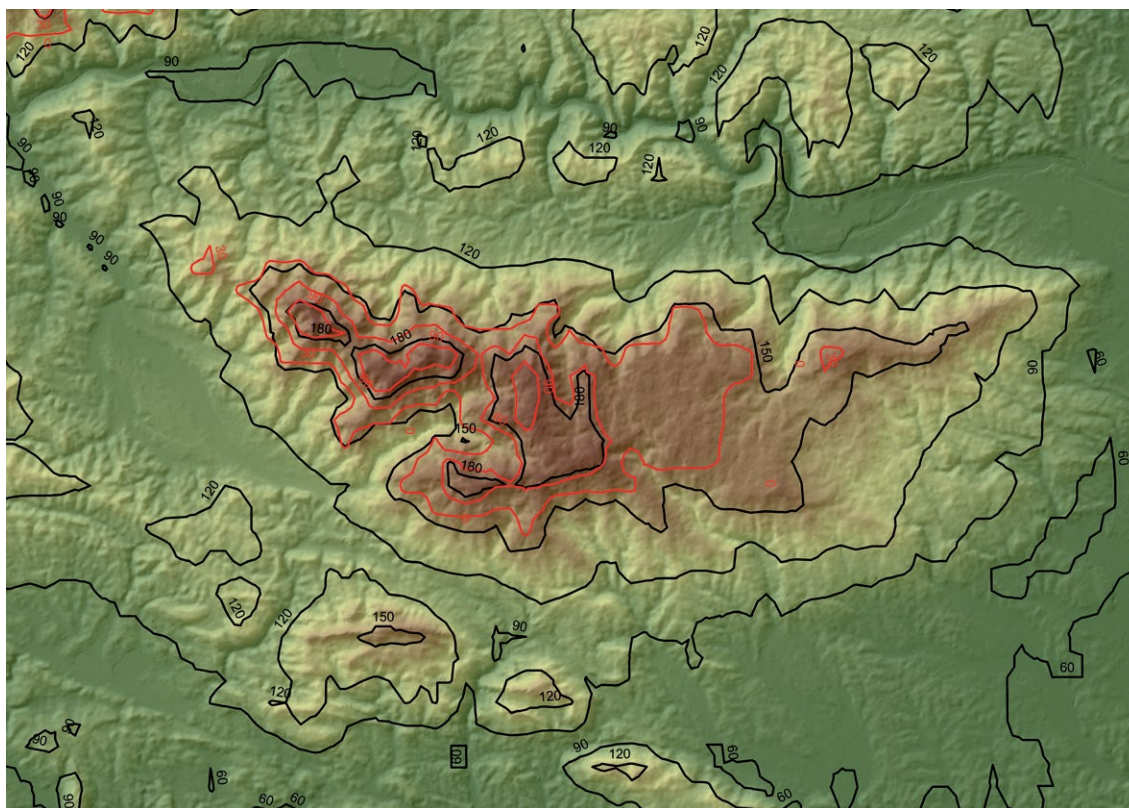


SI. 6. Projektije spreminjanja števila dni s snežno odejo v Sloveniji do konca 21. stoletja.
Vir: Medmrežje 1; Lastni izračuni.

V Sloveniji je v obdobju 1981-2010 delež površja s številom dni s snežno odejo manjšo od 30 dni znašal 29,8 %, medtem ko je 37,3 % površja imelo nad 90 dni s snežno odejo. Po uporabljenem modelu se bo delež površja s številom dni s snežno odejo pod 30 dni razširilo na skoraj 90 % slovenskega ozemlja, delež površja z nad 90 dni s snežno odejo pa znižal na 6,6 % površja Slovenije. Nad 30 dni s snežno odejo bodo imela območja Julijskih Alp, Karavank, Kamniško-Savinjskih Alp, v manjših zaplatah pa tudi na območju Snežnika, Zahodnega predalpskega hribovja in na Menini (Sliki 6 in 7).



SI. 7. Delež površja Slovenije glede na število dni s snežno odejo v Sloveniji v obdobju 1981-2010 in napovedi po 30-letnih obdobjih do konca 21. stoletja.
Vir: Medmrežje 1; Lastni izračuni.



Sl. 8. Potek izohion 120 dni na Pohorju v obdobju 1981-2010 (črna) in napoved za obdobje 2071-2100 (rdeča).
Vir: Medmrežje 1; Lastni izračuni

Izpovedne so spremembe izohion (linij, ki povezujejo točke z enakim številu dni s snežno odejo) do konca 21. stoletja. Na Sliki 8 vidimo potek izohion, ki omejujejo območja z nad 120 dni s snežno odejo v obdobju 1981-2010 (črna barva) in napoved za obdobje 2071-2100 na območju Pohorja. Izohione 120 dni so na prehodu iz 20. v 21. stoletje zajemale 38663 ha površja Pohorja in so potekale na nadmorskih višinah med 600 in 800 m. Po napovedih uporabljenega modela se bo spodnja meja območja z vsaj 120 dni s snežno odejo do konca 21. stoletja ta dvignila na slabih 1200 m in bo tako zajela le 1716 ha površja Pohorja na območju med Roglo, Mulejevim vrhom in Planinko ter med Jezerskim vrhom in Malo Kopo. To bo bistveno poslabšalo možnosti zimskega smučarskega turizma na tem območju, kjer je danes nekaj v slovenskem merilu pomembnih zimsko-turističnih središč (Rogla, Kope, Mariborsko Pohorje).

5. ZAKLJUČEK

Sneženje in pojav snežne odeje igra pomembno vlogo v ekosistemih, saj modificira energijsko in vodno bilanco na zemeljskem površju. Na pojav snežne odeje in njeno debelino vplivajo različni meteorološki pojavi: od temperature zraka je odvisno, ali se bodo padavine pojavljale v obliki dežja ali sneženja, hkrati pa vpliva količina snežnih padavin: pri temperaturah malce pod 0 °C zrak lahko vase sprejme več vlage, zato so snežne padavine obilnejše kot pri zelo nizkih temperaturah, pri katerih zrak lahko skladišči manj vlage.

Višanje temperature zraka vpliva na vedno višje povprečne, povprečne maksimalne in povprečne minimalne temperature, medtem ko število ledenih dni (število dni z maksimalno temperaturo zraka pod 0,0 °C), število dni s snežnimi padavinami, število dni s snežno odejo in povprečna mesečna višina snežne odeje kažejo trend zniževanja. Letno število dni s snežno odejo je v povprečju daleč najvišje na Kredarici (258 dni), na Vojskem znaša 117,6 dni, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 65,3 dni, v Novem mestu 51,5 dni, na vseh ostalih postajah pa je nižje od 50 dni, najnižje pa je v Murski Soboti (38,2 dni)

in v Postojni (38,4 dni). Število dni s snežno odejo se na vseh meteoroloških postajah znižuje, najbolj v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (-24,4 dni/50 let), na Vojskem (-22,3 dni/50 let) in v Mariboru (-21,1 dni/50 let). Povprečna letna višina snežne odeje je najvišja na Kredarici in znaša 133,4 cm. Na Vojskem je ta 15,6 cm, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 2,6 cm, v Novem mestu 2,0 cm, na preostalih obravnavanih meteoroloških postajah pa povsod nižja od 2 cm. Zimska povprečna višina snežne odeje je na Kredarici 189,1 cm, na Vojskem 38,8 cm, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 8,3 cm, v Mariboru 5,8 cm, najnižja pa je v Postojni (4,0 cm) in Murski Soboti (3,9 cm). Trend zmanjševanja povprečne višine snežne odeje v zimi je najvišji na Vojskem (-32,8 cm/50 let). Med nižje ležečimi postajami izstopajo Šmartno pri Slovenj Gradcu (-6,6 cm/50 let), Maribor in Ljubljana-Bežigrad (na obeh postajah po -4,8 cm/50 let) in Celje (-4,7 cm/50 let).

V članku smo za prikaz sprememb števila dni s snežno odejo do konca 21. stoletja uporabili modelno napoved MPI-ESM1-2-HR Inštituta Max Plank za meteorologijo iz Hamburga in sicer »srednji« scenarij SSP370. V Sloveniji je v obdobju 1981-2010 delež površja s številom dni s snežno odejo manjšo od 30 dni znašal 29,8 %, medtem ko je 37,3 % površja imelo nad 90 dni s snežno odejo. Po uporabljenem modelu se bo delež površja s številom dni s snežno odejo pod 30 dni do konca 21. stoletja razširil na skoraj 90 % slovenskega ozemlja, delež površja z nad 90 dni s snežno odejo pa znižal na 6,6 % površja Slovenije. Nad 30 dni s snežno odejo bodo imela območja Julijskih Alp, Karavank, Kamniško-Savinjskih Alp, v manjših zaplatah pa tudi na območju Snežnika, Zahodnega predalpskega hribovja in na Menini.

Trendi števila dni s snežno odejo in višine snežne odeje od sredine 20. stoletja nakazujejo, da se bo režim vodne bilance spremenil. Pojav snežnega zadržka (snežne retinence) bo pri nadaljevanju trenutnih trendov v ekosisteme vnesel pomembne spremembe. Padavine bodo v zimskem času padale vedno bolj v tekoči in manj v trdni obliki (kot sneg). To bi lahko povzročalo večjo nevarnost erozijskih procesov v zimskem času in povečano nevarnost pojava zemeljskih plazov in usadov v hribovju in gričevju, ter povečano nevarnost poplav v nižinah. Predstavljene spremembe snežne odeje do konca 21. stoletja bodo vplivale na spremenjene vodnobilančne pogoje kulturnih rastlin. Poljščine so do sedaj zaradi taljenja snega na začetku vegetacijske dobe v fenofazah rasti imele na voljo dovolj vlage. Odsotnost tega pojava bi lahko vplivala na zametke suše že v pomladanskih mesecih. Manj zanesljiva snežna odeja ima že sedaj negativen vpliv na zimski smučarski turizem, ki v nekaterih območjih Slovenije predstavlja pomembno gospodarsko panogo. Pri tem ne gre le za pomanjkanje naravnega snega, pač pa tudi za dejstvo, da so ponekod minimalne temperature tako visoke, da ne dopuščajo več učinkovitega umetnega zasneževanja smučarskih površin, vsekakor pa ga podražijo. Tanjšanje snežnega pokrova bo vplivalo tudi na rečne režime vodotokov. Reke, ki imajo svoja povirja v visokogorju so zaradi nivalnega ali nivo-pluvialnega režima imele najvišje vodostaje in pretoke na začetku poletja, ko je večina ostalih rek imela že nižje vodostaje in pretoke. Z zmanjševanjem snežnega pokrova v hribovju in visokogorju se bodo modificirali tudi režimi teh rek, kar bo vplivalo na proizvodnjo električne energije. In nenazadnje: taleči se sneg je bogatil količino vode v podtalnici, ki je pomemben vir pitne vode. Manjše zaloge snega bodo vplivale tudi na količino kakovostne pitne vode. Splošno prepričanje, da je Slovenija z vodnimi zalogami bogata država sicer še vedno drži, vendar pa je temu atributu potrebno dodati še časovni vidik. Meteorološka vodna bilanca se spreminja v za nas neugodno smer. Nujno bo potrebno z vodnimi viri, s katerimi razpolagamo ravnati dosti bolj skrbno in to ne le na deklarativni ravni.

LITERATURA

1. Arhiv Agencije republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo, april 2024.
2. European Climate Risk Assessment. European Environment Agency. Copenhagen. 2024.
3. Gams, I., (1986): Osnove pokrajinske ekologije. Univerza v Ljubljani. Filozofska fakulteta. Ljubljana.
4. Groisman P.Y., Davies, T.D., 2001: Snow cover and the climate system. In Jones, H.J., Pomeroy, J., Walker, D.A., and Hoham, R., eds., Snow Ecology: an interdisciplinary examination of snow-covered ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press.
5. IPCC, 2023: Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

6. Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
7. Jones, H.J., Pomeroy, J., Walker, D.A., Hoham, R., (ur.), 2001: Snow Ecology – an interdisciplinary examination of snow-covered ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press.
8. Lutgens, F.K., Tarbuck, E.J., (2016): The Atmosphere. Introduction to Meteorology. Pearson. New York.
9. Meteorološki terminološki slovar. SAZU, Društvo meteorologov Slovenije. Ljubljana. 1990.
10. Podnebna spremenljivost Slovenije. Meteorološka opazovanja I. ARSO. Ljubljana. 2015.
11. Sommerfeld, R.A., Moisie, A.R., and Musselman, R.C., 1993: CO₂, CH₄ and N₂O flux through a Wyoming snowpack and the implication for global budgets. *Nature*, 361: 140–142.
12. Šegota, T., (1996): Klimatologija za geografe. Školska knjiga. Zagreb.
13. Thornes, J.E., (1997): Transport System. V: Thompson, R.A. (ur.), Perry, A. (ur.), (1997): Applied Climatology. Principles and Practice. Routledge. London and New York.
14. Trontelj, M., 1997: Kronika izrednih vremenskih dogodkov XX. Stoletja. Pomembni vremenski dogodki v zgodovini. Vreme ob pomembnih dogodkih. Hidrometeorološki zavod RS. Ljubljana.
15. Vertačnik, G., Bertalančič, R., 2017: Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961-2011. 3. Značilnosti podnebja v Sloveniji. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje. Ljubljana.
16. Žiberna, I., (2017): Trendi vodne bilance v severovzhodni Sloveniji v obdobju 1961-2016. V: Drozg, Vladimir (ur.), Horvat, Uroš (ur.), Konečnik Kotnik, Eva (ur.). Geografije Podravja. Univerzitetna založba Univerze v Mariboru. Maribor.
17. Medmrežje 1: <https://chelsa-climate.org/> (10.2.2024)
18. Medmrežje 2: <http://www.dedi.si/dediscina/449-triglavski-ledenik> (3.3.2024)

POVZETEK

V članku obravnavamo trende števila dni s snežno odejo in višine snežne odeje v Sloveniji. V analizo smo zajeli naslednje meteorološke elemente: povprečna temperatura zraka, povprečna minimalna temperatura zraka, povprečna maksimalna temperatura zraka, število ledenih dni (število dni z maksimalno temperaturo zraka pod 0,0 °C), število dni s snežnimi padavinami, število dni s snežno odejo in povprečna mesečna višina snežne odeje. Uporabili smo podatke meteoroloških postaj Kredarica (2514 m), Vojsko (1067 m), Postojna (533 m), Novo mesto (220 m), Ljubljana Bežigrad (299 m), Celje (241 m), Maribor Tabor (275 m), Šmartno pri Slovenj Gradcu (455 m) in Murska Sobota (188 m). Za vse meteorološke postaje smo obravnavali podatke za obdobje med januarjem 1951 in decembrom 2023, pri zimskih obdobjih pa do vključno februarja 2024. Analizirali smo tudi napovedi sprememb števila dni s snežno odejo v Sloveniji do konca 21. stoletja. Pri tem smo uporabili modelno napoved MPI-ESM1-2-HR Inštituta Max Plank za meteorologijo iz Hamburga in sicer scenarij SSP370.

Letno število dni s snežno odejo je v povprečju daleč najvišje na Kredarici (258 dni), na Vojskem znaša 117,6 dni, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 65,3 dni, v Novem mestu 51,5 dni, na vseh ostalih postajah pa je nižje od 50 dni, najnižje pa je v Murski Soboti (38,2 dni) in v Postojni (38,4 dni). Število dni s snežno odejo se na vseh meteoroloških postajah znižuje. Na Kredarici trend znaša -1,6 dni/50 let, v Postojni pa -9,0 dni/50 let. Število dni s snežno odejo se najbolj znižuje v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (-24,4 dni/50 let), na Vojskem (-22,3 dni/50 let) in v Mariboru (-21,1 dni/50 let). Povprečna letna višina snežne odeje je najvišja na Kredarici in znaša 133,4 cm. Na Vojskem je ta 15,6 cm, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 2,6 cm, v Novem mestu 2,0 cm, na preostalih obravnavanih meteoroloških postajah pa povsod nižja od 2 cm. Zimska povprečna višina snežne odeje je na Kredarici 189,1 cm, na Vojskem 38,8 cm, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu 8,3 cm, v Mariboru 5,8 cm, najnižja pa je v Postojni (4,0 cm) in Murski Soboti (3,9 cm). Trend zmanjševanja povprečne višine snežne odeje v zimi je najvišji na Vojskem (-32,8 cm/50 let). Med nižje ležečimi postajami izstopajo Šmartno pri Slovenj Gradcu (-6,6 cm/50 let), Maribor in Ljubljana-Bežigrad (na obeh postajah po -4,8 cm/50 let) in Celje (-4,7 cm/50 let).

V članku smo za prikaz sprememb števila dni s snežno odejo do konca 21. stoletja uporabili modelno napoved MPI-ESM1-2-HR Inštituta Max Plank za meteorologijo iz Hamburga in sicer »srednji« scenarij SSP370. V Sloveniji je v obdobju 1981-2010 delež površja s številom dni s snežno odejo manjšo od 30 dni znašal 29,8 %, medtem ko je 37,3 % površja imelo nad 90 dni s snežno odejo. Po uporabljenem

modelu se bo delež površja s številom dni s snežno odejo pod 30 dni do konca 21. stoletja razširil na skoraj 90 % slovenskega ozemlja, delež površja z nad 90 dni s snežno odejo pa znižal na 6,6 % površja Slovenije. Nad 30 dni s snežno odejo bodo imela območja Julijskih Alp, Karavank, Kamniško-Savinjskih Alp, v manjših zaplatah pa tudi na območju Snežnika, Zahodnega predalpskega hribovja in na Menini.

SUMMARY

In the article, we discuss trends in the number of days with snow cover and the height of the snow cover in Slovenia. We included the following meteorological elements in the analysis: average air temperature, average minimum air temperature, average maximum air temperature, number of icy days (number of days with maximum air temperature below 0.0 °C), number of days with snowfall, number of days with snow cover and average monthly snow cover height. We used data from meteorological stations Kredarica (2514 m), Vojsko (1067 m), Postojna (533 m), Novo mesto (220 m), Ljubljana Bežigrad (299 m), Celje (241 m), Maribor Tabor (275 m), Šmartno pri Slovenj Gradcu (455 m) and Murska Sobota (188 m). For all meteorological stations, we considered data for the period between January 1951 and December 2023, and for winter periods up to and including February 2024. We also analyzed forecasts of changes in the number of days with snow cover in Slovenia until the end of the 21st century. We used the MPI-ESM1-2-HR model forecast of the Max Planck Institute for Meteorology in Hamburg, namely the SSP370 scenario.

On average, the annual number of days with snow cover is by far the highest in Kredarica (258 days), in Vojsko it is 117.6 days, in Šmartno pri Slovenj Gradcu 65.3 days, in Novo mesto 51.5 days, while at all other stations lower than 50 days, and the lowest is in Murska Sobota (38.2 days) and Postojna (38.4 days). The number of days with snow cover is decreasing at all meteorological stations. In Kredarica, the trend is -1.6 days/50 years, and in Postojna -9.0 days/50 years. The number of days with snow cover decreases the most in Šmartno pri Slovenj Gradcu (-24.4 days/50 years), in Vojsko (-22.3 days/50 years) and in Maribor (-21.1 days/50 years). The average annual height of the snow cover is the highest in Kredarica and amounts to 133.4 cm. It is 15.6 cm in Vojsko, 2.6 cm in Šmartno pri Slovenj Gradcu, 2.0 cm in Novo mesto, and everywhere lower than 2 cm at the rest of the meteorological stations discussed. The average winter snow depth is 189.1 cm in Kredarica, 38.8 cm in Vojsko, 8.3 cm in Šmartno pri Slovenj Gradcu, 5.8 cm in Maribor, and the lowest is in Postojna (4.0 cm) and Murska Sobota (3.9 cm). The trend of decreasing average snow cover height in winter is the highest in Vojsko (-32.8 cm/50 years). Among the lower-lying stations, Šmartno pri Slovenj Gradcu (-6.6 cm/50 years), Maribor and Ljubljana-Bežigrad (at both stations -4.8 cm/50 years) and Celje (-4.7 cm/50 years) stand out.

In the article, we used the MPI-ESM1-2-HR model forecast of the Max Planck Institute for Meteorology from Hamburg, i.e. the »medium« scenario SSP370, to show the changes in the number of days with snow cover until the end of the 21st century. In Slovenia, in the period 1981-2010, the share of the surface with the number of days with snow cover less than 30 days was 29.8%, while 37.3% of the surface had more than 90 days with snow cover. According to the model used, by the end of the 21st century, the share of the area with snow cover of less than 30 days will expand to almost 90% of the Slovenian territory, while the share of the area with more than 90 days of snow cover will decrease to 6.6% of Slovenia's surface. The areas of Julijske Alpe, Karavanke, Kamniško-Savinjske Alpe will have more than 30 days with snow cover, and in smaller patches also in the area of Snežnik, the Western pre-Alpine hills and on Menina.