

# MODELIRANJE PROSTORSKEGA VZORCA BIODIVERZITETE SEKUNDARNIH TRAVIŠČ: PRIMER KRAŠKEGA PODEŽELJA

DANIJEL DAVIDOVIČ,<sup>1</sup> NATAŠA PIPENBAHER,<sup>2</sup>  
SONJA ŠKORNIK,<sup>2</sup> DANIJEL IVAJNSIČ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Maribor, Slovenija  
daniyel.davidovic@um.si, dani.ivajnsic@um.si

<sup>2</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, Slovenija  
natasa.pipenbaher@um.si, sonja.skornik@um.si, dani.ivajnsic@um.si

Raziskava obravnava potek sukcesije in spremembe vrstne pestrosti sekundarnih travišč na Natura 2000 območju Kras med letoma 2014 in 2024 z integracijo vegetacijskih popisov in satelitskih podatkov. Rezultati prikazujejo postopno večanje nadzemne biomase, kar potrjuje proces zaraščanja travišč. Model prostorske ekstrapolacije vrstne pestrosti obravnavanih sekundarnih travišč in njihovih sukcesijskih faz nakazuje postopno večanje Shannonovega diverzitetnega indeksa ( $H'$ ), vendar z značilnimi prostorskimi razlikami. Primerjava travišč z in brez intervencij Skupne kmetijske politike (SKP) je razkrila, da obstoječi ukrepi ne zagotavljajo dolgoročne ohranitve vrstno bogatih sekundarnih travišč. Raziskava poudarja pomen prostorsko prilagojenega in ciljno usmerjenega upravljanja za ohranjanje naravovarstvene vrednosti in pokrajinske raznolikosti Krasa.

DOI  
[https://doi.org/  
10.18690/um.ff.4.2026.7](https://doi.org/10.18690/um.ff.4.2026.7)

ISBN  
978-961-299-136-4

#### Ključne besede:

sukcesija,  
Skupna kmetijska politika,  
NDVI,  
Shannonov indeks,  
Kras,  
Natura 2000

DOI  
[https://doi.org/  
10.18690/um.ff.4.2026.7](https://doi.org/10.18690/um.ff.4.2026.7)

ISBN  
978-961-299-136-4

# MODELING THE SPATIAL PATTERN OF BIODIVERSITY IN SECONDARY GRASSLANDS: THE CASE OF THE KARST COUNTRYSIDE

DANIJEL DAVIDOVIĆ,<sup>1</sup> NATAŠA PIPENBAHER,<sup>2</sup>  
SONJA ŠKORNIK,<sup>2</sup> DANIJEL IVAJNSIČ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> University of Maribor, Faculty of Arts, Maribor, Slovenia  
[danijel.davidovic@um.si](mailto:danijel.davidovic@um.si), [dani.ivajnsic@um.si](mailto:dani.ivajnsic@um.si)

<sup>2</sup> University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Maribor, Slovenia  
[natasa.pipenbaher@um.si](mailto:natasa.pipenbaher@um.si), [sonja.skornik@um.si](mailto:sonja.skornik@um.si), [dani.ivajnsic@um.si](mailto:dani.ivajnsic@um.si)

## Keywords:

succession,  
Common Agricultural  
Policy,  
NDVI,  
Shannon index,  
Kras,  
Natura 2000

The study examines the course of succession and changes in species diversity of secondary grasslands in the Natura 2000 site Kras between 2014 and 2024 by integrating vegetation relevés and satellite data. The results indicate a gradual increase in aboveground biomass, confirming the process of grassland overgrowth. A spatial extrapolation model of species diversity and successional phases of the secondary grasslands studied suggests a gradual increase in the Shannon diversity index ( $H'$ ), though with distinct spatial differences. A comparison of grasslands with and without interventions under the Common Agricultural Policy (CAP) revealed that the existing measures do not ensure the long-term preservation of species-rich secondary grasslands. The study highlights the importance of spatially adapted and targeted management for maintaining the conservation value and landscape diversity of the Kras.



## 1 Uvod

Travišča so kopenski ekosistemi, v katerih prevladujejo trave in zeli (Gibson, 2009; Stevens, 2018). Naravna oziroma primarna travišča se navadno pojavljajo na območjih z neprimernimi pogoji za rast gozda, za katere je značilna zmerna do nizka letna količina padavin od 500 do 950 mm (Rostás & Hiltbold, 2017; NASA, 2025a). Poleg primarnih obstajajo tudi sekundarna ali polnaravna (ang. *seminatural*) travišča, ki so v srednji Evropi nastajala s krčenjem gozda v času neolitika pred 7500 leti (Hejman idr., 2013). Njihov nastanek in ohranjanje je odvisno od posegov človeka kot so sečnja, košnja in paša. V odsotnosti omenjenih dejavnosti se travišča postopoma zarastejo v gozd (Bredenkamp idr., 2002; Hejman idr., 2013; Gigante idr., 2024).

V Evropi travišča predstavljajo tipičen podeželski habitat in obsegajo 37 % kmetijskih zemljišč (EUROSTAT, 2018; FAOSTAT, 2022). Številni tipi evropskih sekundarnih travišč vejajo za globalne vroče točke vrstne pestrosti (biodiverzitete) zaradi največje gostote rastlinskih vrst na velikost popisne ploskve od 10 cm<sup>2</sup> do 50 m<sup>2</sup> (Horvatić, 1973; Horvat, 1974; Poldini, 1989; Kaligarič & Poldini, 1996; Eriksson & Eriksson, 1997; Kaligarič & Škornik, 2002; Kaligarič idr., 2006; Škornik idr., 2010; Pipenbaher idr., 2011; Wilson idr., 2012; Chytrý idr., 2015; Karlík, 2019). Kull & Zobel (1991) sta na popisni ploskvi 1 m<sup>2</sup> identificirala do 63 rastlinskih vrst. Pri tem izstopajo predvsem suha in polsuha travišča na bazični podlagi, kot so travišča na Krasu, ki so po vrstni pestrosti primerljiva z najbolj pestrimi travišči na svetu (Horvatić, 1973; Poldini, 1989; Kaligarič & Poldini, 1996; Kaligarič & Škornik, 2002; Škornik idr., 2010; Pipenbaher idr., 2011).

Biodiverziteta je močno povezana z ekosistemskimi storitvami, kar v splošnem pomeni, da z večjo biodiverzitetjo narašča število in stabilnost ekosistemskih storitev (Mace idr., 2012). Glede na veliko biodiverzitetjo travišč imajo ta veliko ekološko in kulturno vrednost, saj prispevajo k zagotavljanju ekosistemskih funkcij in ekosistemskih storitev, kot so habitat za številne vrste rastlin, žuželk, ptic, talnih organizmov in sesalcev (Söderström idr., 2001; Perko idr., 2017; Šumrada & Erjavec, 2023), hrano za divje živali, kroženje hranil, nadzorovanje vlažnosti tal, ustvarjanje posebne mikroklimne, nadzor gozdnih požarov (Ribeiro & Hribar, 2019; Zhao idr., 2020; Bai & Cotrufo, 2022), izboljšanje strukture tal in vsebnosti organskih snovi, preprečevanje vodne in vetrne erozije (Hrvatina idr., 2006; Liu idr., 2020; Zhao idr.,

2020). V sedanjosti imajo velik pomen tudi na področju blaženja podnebnih sprememb, saj na globalni ravni zadržijo 20 % ogljika v tleh (ang. *soil organic carbon, SOC*) (*Global Assessment of Soil Carbon in Grasslands*, 2023). Količina shranjenega ogljika v tleh se lahko ob nadzorovani paši dodatno poveča za približno 20 %, kar predstavlja velik ponor toplogrednih plinov (Phukubye idr., 2022).

Ob ekološkem pomenu imajo travišča pomembno vlogo pri gospodarskih in kulturnih dejavnostih. S tradicionalnimi praksami upravljanja, kot sta ekstenzivna paša in košnja, so sekundarna travišča neposreden in posreden vir hrane za človeka, vključno z zelišči, mesom, mlečnimi izdelki, medom, divjimi užitnimi in zdravilnimi rastlinami (Dasselaar idr., 2013; Žuna Pfeiffer idr., 2018; Zhao idr., 2020; Kose idr., 2022) ter omogočajo krmo za živino, ohranjanje oprashačevalcev, naravno zatiranje škodljivcev (Bartual idr., 2019), prostor za izobraževanje, rekreacijo in turizem, pokrajinsko estetiko, kulturno dediščino in psihološko dobro počutje (Reed idr., 2005; Hopkins & Holz, 2006; Milcu idr., 2013; Rogerson idr., 2016; Zhao idr., 2020).

Sekundarna travišča nastanejo in obstanejo zaradi stalnih posegov človeka, zato v njihovi odsotnosti, v zmernih geografskih širinah in ustreznih nadmorskih višinah, izginjajo. Izginjanje oziroma zaraščanje travišč v gozd poteka v sklopu procesa sekundarne sukcesije, ki pomeni postopne spremembe združbe organizmov v prostoru skozi čas (Pickett idr., 2011). Sukcesija ni nujno linearna in glede na smer se lahko v grobem ločijo progresivna faza z večanjem biomase in strukturne kompleksnosti; regresivna faza z manjšanjem biomase in strukturne kompleksnosti; stabilna faza brez večjih sprememb v biomasii in strukturni kompleksnosti (Shugart, 2013).

Progresivna sukcesija ima lahko obsežne vplive na biodiverzitetu in ekosistemske storitve. Širjenje gozda spremeni svetlobne, vlažnostne in temperaturne razmere v ozračju in tleh, s čimer se spremenijo pogoji za rast rastlin, ki so prilagojene lokalnim razmeram (Cramer idr., 2008). Dodatna grožnja biodiverziteti je tudi fragmentacija habitatov, saj se s progresivno sukcesijo lahko zmanjša ekološka povezljivost habitatov, ki je pomembna za gensko pestrost (Kaligarič idr., 2008). Ker je biodiverzitetu ključna za stabilnost in številčnost ekosistemskih storitev, lahko v tradicionalno kmetijskih pokrajinah negativno vpliva na sposobnost preživetja lokalnih skupnosti, ki so odvisne od kmetijskih dejavnosti. Lokalne skupnosti so lahko pod negativnim vplivom tudi zaradi neugodnih razmer v gozdu, ki nastanejo

zaradi škodljivcev, vetra, snega, žledu, zemeljskih plazov in požara, kar vpliva na njihovo varnost in finančne stroške (Kladnik, 2011).

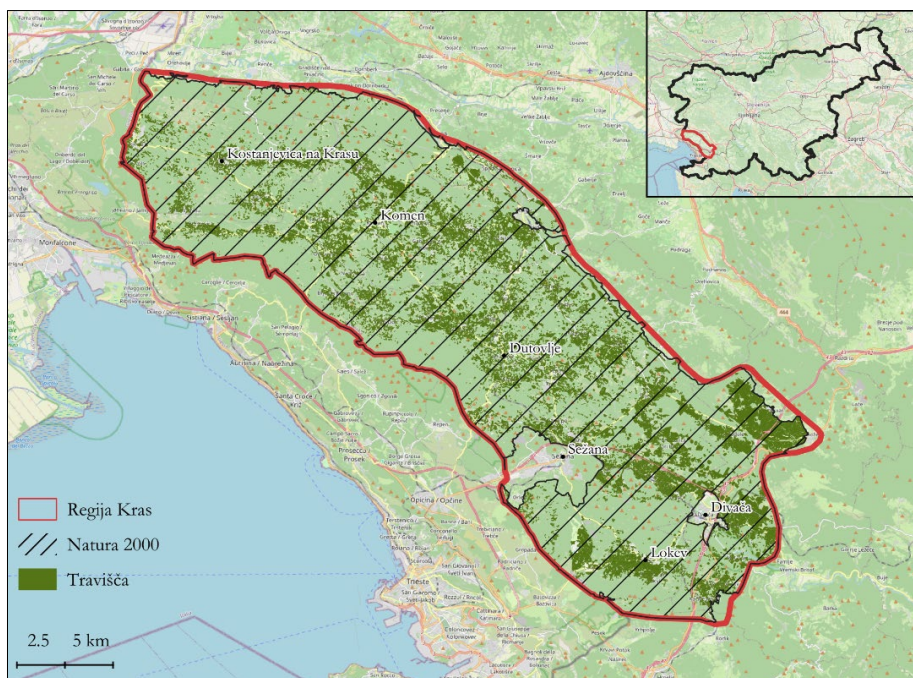
Pri progresivni sukcesiji oziroma zaraščanju je biodiverzitetna travišč dodatno ogrožena zaradi podnebnih sprememb. Do konca stoletja bodo spremembe v podnebnih vzorcih negativno vplivale na 63 % vrst, ki so pomembne za ohranjanje narave v Evropi (Araújo idr., 2011). V Sloveniji so območja Natura 2000 znotraj submediteranske regije med tistimi, ki jih podnebne spremembe lahko najbolj prizadenejo (Ivajnsič & Donša, 2018). Ključne spremembe vključujejo spremenjeno količino in razporeditev padavin, naraščajoče povprečne temperature zraka ter povečanje pogostosti in intenzivnosti ekstremnih vremenskih dogodkov (Foden idr., 2013). Posebno za Sredozemlje so predvideni negativni učinki, kot so številčnejši temperaturni ekstremi, povečana sušnost, večja požarna ogroženost in nižja hitrost vetra (IPCC, 2023). Glede na velik pomen biodiverzitete travišč in vlogo njihovega upravljanja za preprečevanje zaraščanja se v raziskavi osredotočamo na: 1) analizo prostorske dinamike sukcesijskih faz med letoma 2014 in 2024, 2) modeliranje prostorskega vzorca biodiverzitete sekundarnih travišč in njihovih sukcesijskih faz na ravni pokrajine, 3) testiranje razlik v biodiverziteti travišč glede na različne načine upravljanja.

## **2 Raziskovalno območje**

Raziskovalno območje obsega Kras, ki je območje Nature 2000 in ima površino 40.121 ha. Območje predstavlja značilno podeželsko regijo z redko poselitvijo in starejšo demografsko strukturo. Gostota prebivalstva tako znaša 50 prebivalcev/km<sup>2</sup>, kar je pod državnim povprečjem, medtem ko povprečna starost prebivalcev znaša 46 let, kar je nad državnim povprečjem (*SURS*, 2024). Omenjena kazalnika nakazujeta procesa depopulacije in staranja, ki sta značilna za številna obmejna podeželska območja v Sloveniji.

Podeželski značaj je izrazit tudi v rabi tal, saj urbane površine zavzemajo manj kot 4 % površja (*MKGP*, 2024). Poleg tega je večina regije opredeljena kot strateško zelo pomembno območje za kmetijstvo (*Uradni list*, št. 71/16, 2016) zaradi primernih pogojev za živinorejo, vinogradništvo, oljkarstvo in sadjarstvo. Kljub potencialom sta od konca druge svetovne vojne izrazita procesa deagrariacije in industrializacije (Habič, 1979; Kladnik, 2011).

Zaradi omenjenih socio-ekonomskih procesov na Krasu poteka intenzivno zaraščanje travišč, ki so nastala z izsekavanjem gozda od časa Rimljanov za namene kmetijstva in drugih dejavnosti (Kaligarič idr., 2006). Zadostna količina padavin omogoča rast listopadnega gozda, ki se ob odsotnosti človekovih dejavnosti ponovno širi na opuščene površine (Čarni idr., 2021). Ker so travišča na Krasu prepoznana kot naravovarstveno pomembni habitati, so zaščitena kot Natura 2000 območje, tako zaraščanje travišč predstavlja grožnjo biodiverziteti in neupoštevanje obvez po ohranjanju zavarovanih območij v primernem stanju.



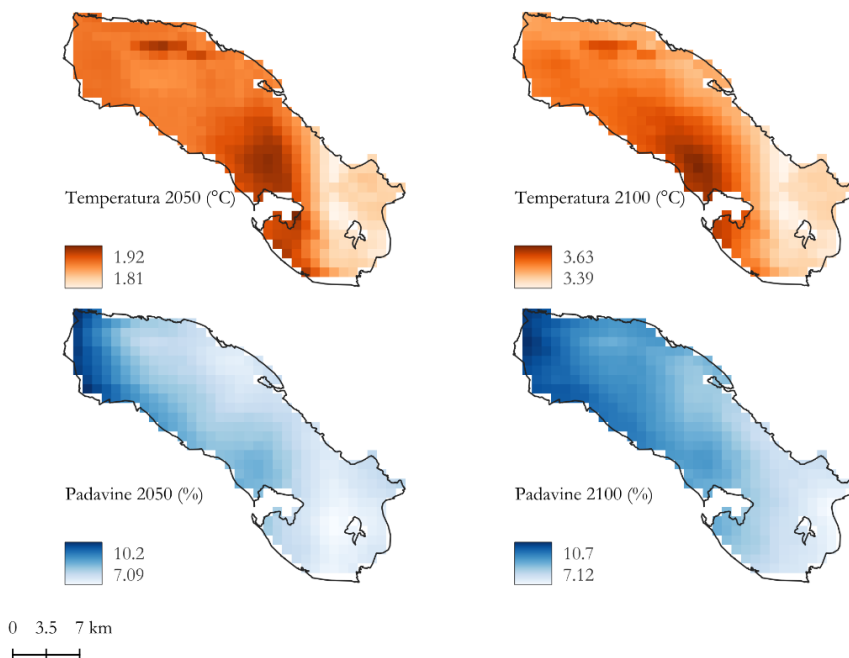
**Slika 1: Raziskovalno območje.**

Vir podatkov: GIAM, 1998; MKGP, 2024; ARSO, 2025a. Kartografija: Avtorji, 2025

Podlaga: *OpenStreetMap*, 2025.

Poleg zaraščanja so dodatna grožnja biodiverziteti na Krasu podnebne spremembe. V primerjavi z obdobjem 1981–2010 bi se lahko do sredine stoletja, po pesimističnem scenariju, povprečna temperatura zraka na Krasu povišala za 1,9 °C, do konca stoletja pa za 3,5 °C. Prav tako bi se lahko količina padavin povišala za 8 % (ARSO, 2025b). Zaraščanje bo tako skupaj s spremenjenimi podnebnimi značilnostmi pomembno vplivalo na prostorsko porazdelitev, vrstno sestavo in

fenološke cikle travišč, še zlasti na travnikih na apnenčasti podlagi (Dengler idr., 2014; Damgaard, 2022).



Slika 2: Pričakovane razlike podnebnih spremenljivk za scenarij RCP85 glede na 1981-2010. Vir podatkov: ARSO, 2025b. Kartografija: Avtorji, 2025.

### 3 Metodologija

Raziskavo smo izvedli s pomočjo **podatkov vegetacijskih popisov** (Batalha idr., 2015) in daljinskega zaznavanja. Za analizo prostorske dinamike sukcesijskih faz smo uporabili vegetacijski indeks NDVI (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*), ki smo ga za leti 2014 in 2024 izračunali iz podatkov, pridobljenih s satelitom Landsat 8. Satelitske podobe s prostorsko ločljivostjo 30 m so prosto dostopne na spletnem portalu EarthExplorer (USGS, 2024), ki ga upravlja Geološki zavod ZDA (ang. USGS). Uporabili smo satelitske podobe, zajete v poletnih mesecih, ko je vegetacija v zreli fazi razvoja. Pred-obdelava podatkov je obsegala atmosfersko in radiometrično korekcijo z vtičnikom *Semi-Automatic Classification Plugin SCP* v programu QGIS (Congedo, 2021). Za izračune vrednosti NDVI kot razmerja med rdečim in bližje-infrardečim spektralnim pasom smo uporabili raster kalkulator, pri

tem negativne vrednosti do -1 pomenijo vodo in neporaščene površine, pozitivne vrednosti do +1 različne vegetacijske oblike, med katerimi najvišje vrednosti zavzema gozd (NASA, 2025b).

Za modeliranje prostorskega vzorca biodiverzitete smo uporabili Shannonov indeks diverzitete  $H'$ . Indeks temelji na številu vrst in njihovi relativni številčnosti, pri tem višja vrednost kaže na večjo vrstno pestrost, vrednost 0 pomeni, da je v vzorcu prisotna ena vrsta (Shannon & Weaver, 1949). Podatki vegetacijskih popisov so bili pridobljeni leta 2014 z naključnim vzorčenjem na skupno 56 popisnih ploskvah v velikosti 10 x 10 m<sup>2</sup> (20 popisnih ploskev s travišč, 17 z grmičevjem, 19 z gozdom) (Batalha idr., 2015). Podatki so bili zbrani na območju Podgorskega krasa in Koprskih brd, ki so izven Natura 2000 območja Kras, vendar v primerljivem prostoru glede na podnebje in tla.

Za testiranje razlik v biodiverziteti travišč glede na različne načine upravljanja smo uporabili podatke na ravni grafične enote rabe kmetijskega gospodarstva (GERK), ki jih vodijo na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano za uveljavljanje intervencij SKP (MKGP, 2024). Podatki v vektorski obliki so zbrani po posameznem GERK-u, ki smo jih združili glede na unikatno identifikacijsko številko kmetijskega gospodarstva KMG-MID. Podatke smo nato filtrirali, tako da smo v statistično analizo vključili travišča (Začasno travinje 1131, Trajni travnik 1300, Travinje z razpršenimi neupravičenimi značilnostmi 1320), ki smo jih ločili v skupino travišč z in skupino brez intervencij.

Podatke o rabi tal za leti 2014 in 2024 smo pridobili na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP, 2024). Za izvedbo analiz smo podatke filtrirali in uporabili travišča (Trajni travnik 1300), zaraščeno (Kmetijsko zemljišče v zaraščanju 1410, Drevesa in grmičevje 1500, Kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem 1800), gozd (2000) in ostalo. Podatke o Natura 2000 na območju Kras v vektorskem formatu smo pridobili na portalu Atlas okolja, ki ga upravlja Agencija RS za okolje (ARSO, 2024).

Za obdelavo podatkov in pripravo kart smo uporabili programe Excel (Microsoft, 2024) in QGIS (QGIS, 2024).

Za **analizo prostorske dinamike sukcesije** sekundarnih travnišč smo najprej izvedli **validacijo ustreznosti NDVI** kot kazalnika sukcesijskih faz, tako da smo vsem popisnim ploskvam v različnih sukcesijskih fazah iz leta 2014 pripisali pripadajoče vrednosti NDVI za leto 2014. Potencialne razlike po faktorju sukcesijska faza (travišče, grmičevje, gozd) v vrednosti H' smo preverili s pomočjo analize variance (ANOVA) in pripadajočega preizkusa parov v programskem paketu MS Excel.

V nadaljevanju smo izračunali razliko med vrednostmi NDVI za leti 2024 in 2014. Izračunane vrednosti NDVI odražajo spremembe v gostoti in produktivnosti vegetacije v obravnavanem desetletnem obdobju. Pozitivne vrednosti pomenijo povečanje gostote vegetacije, negativne pa njeno zmanjšanje. Izračunane vrednosti smo v nadaljevanju analize klasificirali v tri sukcesijske kategorije (Preglednica 1).

**Preglednica 1: Mejne vrednosti NDVI za opredelitev sukcesijskih kategorij.**

Sukcesijska kategorija	NDVI
Regresivna	< -0,05
Stabilna	-0,05 – 0,05
Progresivna	> 0,05

Rezultat je rastrski sloj, ki prikazuje regresivno sukcesijsko kategorijo (območja z zmanjšano gostoto vegetacije), stabilno sukcesijsko kategorijo (območja brez bistvenih sprememb) in progresivno sukcesijsko kategorijo (območja s povečano gostoto vegetacije oziroma površine potencialnega zaraščanja). Reklasificirani rastrski sloj smo nato prekrili s podatki o rabi tal za leto 2014 z namenom ugotavljanja strukturnih sprememb oziroma dinamike sukcesije znotraj kategorij rabe tal (travišča, grmičevje, gozd).

Za **modeliranje prostorskega vzorca biodiverzitete** sekundarnih travnišč in njihovih sukcesijskih faz smo najprej znotraj posameznih kategorij rabe tal ustvarili naključne točke z minimalno razdaljo 100 m. Za posamezen časovni presek je bilo tako skupno ustvarjenih 36.000 točk. Naključnim točkam smo pripisali vrednosti H' z generatorjem naključnih števil v sklopu dodatka *Data Analysis ToolPak* v programu Excel (Excel, 2025). Generator smo nastavili za ustvarjanje 30 vrednosti na točko, ki sledijo normalni distribuciji, na podlagi povprečij in standardnih odklonov posamezne kategorije iz podatkov terenskih popisov: travnišča  $\bar{x} = 3,481$ , SD = 0,105; grmičevje  $\bar{x} = 3,350$ , SD = 0,295; gozd  $\bar{x} = 2,575$ , SD = 0,416.

Nadaljevali smo s serijo F- in t-preizkusov, da smo preverili razlike v varianci in aritmetični sredini med terenskimi (dejanskimi) in generiranimi (permutiranimi) vrednostmi za vsako kategorijo za oba časovna preseka. Za nadaljnje modeliranje smo tako uporabili točke, pri katerih ni bilo statistično signifikantnih razlik v varianci in aritmetični sredini vrednosti  $H'$  med terenskimi in generiranimi vrednostmi. Generirane vrednosti smo v nadaljevanju združili z ustreznimi naključnimi točkami po kategorijah. Sledila je prostorska interpolacija vrednosti  $H'$  z uporabo kriging metode (ang. *ordinary kriging*) v okolju QGIS. Rezultat sta rastrska sloja s prostorsko ločljivostjo 30 m, ki kažeta prostorsko variabilnost biodiverzitete sekundarnih travnišč in njihovih sukcesijskih faz za oba časovna preseka. V nadaljevanju smo izračunali razliko med vrednostmi  $H'$  za leti 2024 in 2014. Izračunane vrednosti  $H'$  odražajo spremembe v biodiverziteti v obravnavanem obdobju. Pozitivne vrednosti pomenijo povečanje biodiverzitete, negativne zmanjšanje biodiverzitete. Izračunane vrednosti smo nato klasificirali v tri kategorije (Preglednica 2).

**Preglednica 2: Mejne vrednosti relativnih sprememb  $H'$  za opredelitev kategorij sprememb biodiverzitete.**

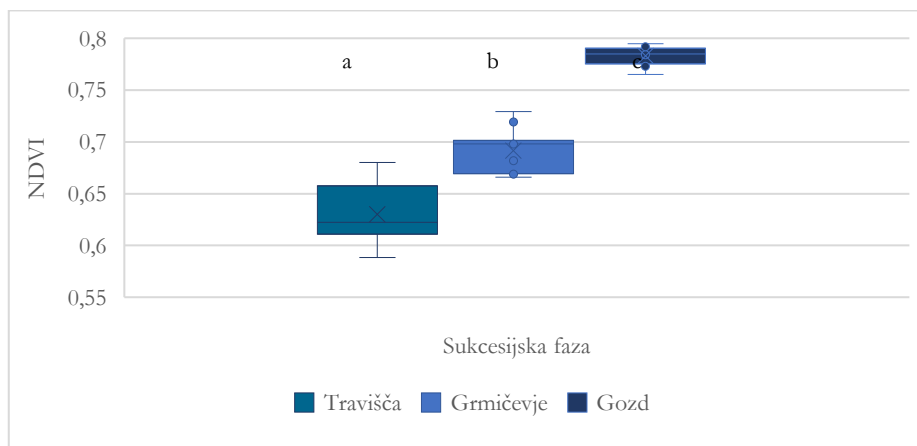
Sprememba biodiverzitete	$H'$ (%)
Zmanjšana	< -5
Ohranjena	-5 – 5
Povečana	> 5

Za **testiranje razlik v biodiverziteti travnišč z in brez intervencij** smo najprej GERK-om iz obeh skupin travnišč pripisali vrednost  $H'$  z orodjem *Zonal Statistics* v programskem okolju QGIS. Ker sta se skupini bistveno razlikovali po velikosti vzorca in sta pokazali razlike v varianci vrednosti  $H'$ , smo izvedli t-preizkus z upoštevanjem neenakih varianc v sklopu dodatka *Data Analysis ToolPak* v programu Excel. Poleg statistične značilnosti (p-vrednost) smo za opredelitev velikosti razlike izračunali Cohenov d. Ponovili smo za tem še t-preizkus za preverjanje razlik v spremembi biodiverzitete obeh skupin travnišč.

#### 4 Prostorska dinamika sukcesijskih faz

Porazdelitev vrednosti NDVI po kategorijah popisnih ploskev odraža postopno kopičenje biomase vzdolž sukcesijskega gradienta (Slika 3). Za travnišča so značilne najnižje vrednosti z največjim razponom, za grmišča vmesne vrednosti z zmernim razponom in za gozdove najvišje vrednosti z najmanjšim razponom. Primerjava kaže

značilne razlike v vrednosti NDVI med sukcesijskimi fazami in postopno naraščanje od travišč do gozda, kar potrjuje pričakovano povezavo med NDVI in gostoto vegetacije. Ugotovitev potrjuje primernost uporabe vrednosti NDVI kot kazalnika za analizo prostorske dinamike sukcesijskih faz.

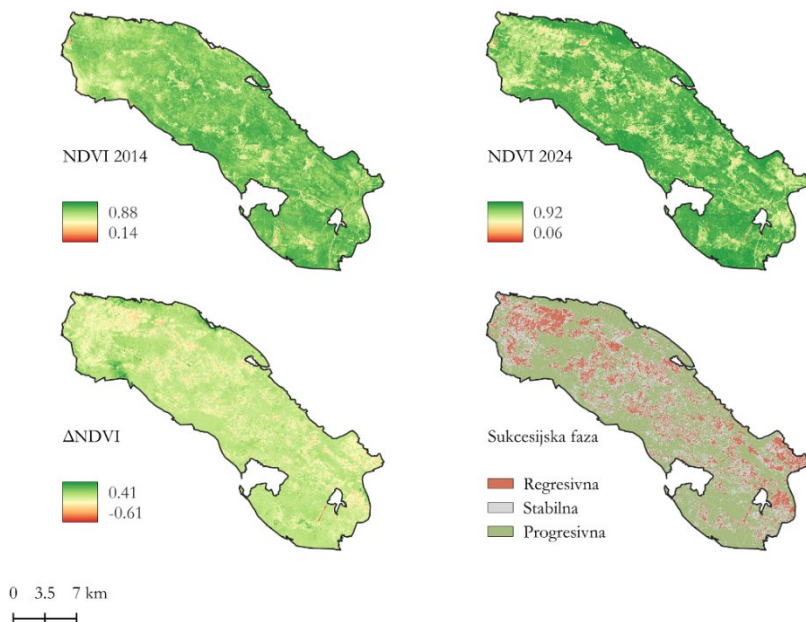


**Slika 3: Razlike v vrednostih NDVI glede na sukcesijsko fazo na popisnih ploskvah.**  
Vir podatkov: Batalha idr., 2015. Grafikon: Avtorji, 2025.

Analiza vrednosti NDVI na raziskovanem območju v obdobju med letoma 2014 in 2024 kaže na njeno povečanje (Slika 4, zgornji del). Povprečna vrednost NDVI na raziskovalnem območju leta 2014 znaša 0,73. Območja najvišjih vrednosti so koncentrirana na J, območja najnižjih vrednosti v notranjosti in S ter na antropogenih površinah. Povprečna vrednost NDVI na raziskovanem območju znaša leta 2024 0,76. Območja najvišjih vrednosti so koncentrirana na J delu ter na S in Z robu, območja najnižjih vrednosti ostajajo v notranjosti in S ter na antropogenih površinah, ki se v primerjavi s prejšnjim obdobjem širijo. V splošnem 4 % povečanje povprečne vrednosti NDVI med letoma 2014 in 2024 nakazuje večanje biomase oziroma proces zaraščanja.

Analiza sprememb vrednosti NDVI oziroma sukcesijskih kategorij kaže na homogenizacijo mozaične pokrajine (Slika 4, spodnji del). Območja višanja vrednosti NDVI oziroma progresivne sukcesijske kategorije prevladujejo po celotnem prostoru (56,5 %) s koncentracijami površin najvišjih vrednosti vzdolž S in SZ roba. Območja nižanja vrednosti NDVI oziroma regresivne sukcesijske kategorije (16,4 %) se pojavljajo razpršeno v notranjosti s posameznimi

koncentracijami površin najnižjih vrednosti na SZ in JV. Območja intenzivnejše regresije so opazna tudi v okolici naselij in bližini prometne infrastrukture. Za večji del raziskovanega območja so značilne nespremenjene vrednosti NDVI oziroma stabilna sukcesijska kategorija (27,1 %), ki kaže podoben prostorski vzorec kot območja regresije. Območja nespremenjenih vrednosti se pojavljajo kot prehodni pasovi med območji progresivne in regresivne sukcesijske kategorije.



**Slika 4: Vrednosti NDVI in njene spremembe med letoma 2014 in 2024.**

Vir podatkov: *USGS*, 2024; *ARSO*, 2025a. Kartografija: Avtorji, 2025.

Analiza sprememb vrednosti NDVI znotraj kategorij rabe tal za leto 2014 nakazuje dinamičen potek sukcesije znotraj zemljiških kategorij (Preglednica 3). Na površinah gozda prevladujejo območja višanja vrednosti NDVI, kar nakazuje na povečanje biomase, ki je lahko posledica rasti novih dreves in zgoščanja obstoječih krošenj. Opazna so tudi območja nespremenjenih vrednosti, kar nakazuje na stabilnost. Najmanj obsežna so območja nižanja vrednosti, kar je lahko posledica sečnje ali požarov. Na površinah zaraščanja prevladujejo območja nespremenjenih vrednosti NDVI, to nakazuje na stabilnost. Opazna so tudi območja višanja vrednosti, kar kaže povečanje biomase, ki je lahko posledica prehoda zaraščanih površin v gozd. Najmanj obsežna so območja nižanja vrednosti, kar je lahko posledica sečnje,

poškodb ali požarov. Na površinah travišč prevladujejo območja nižanja vrednosti NDVI, kar nakazuje na izgubo nadzemne biomase, ki je lahko posledica paše, košnje, suše ali požarov. Opazna so tudi območja nespremenjenih vrednosti oziroma stabilnosti. Najmanj obsežna so območja višanja vrednosti, kar nakazuje na omejeno zaraščanje travišč. V splošnem prevladujejo območja višanja vrednosti NDVI, kar nakazuje večanje biomase oziroma zaraščanje.

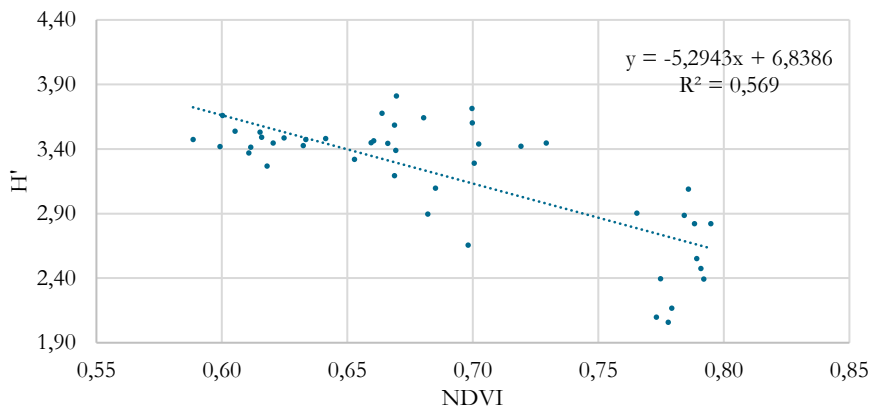
**Preglednica 3: Struktura sprememb vrednosti NDVI glede na kategorije rabe tal.**

Raba tal	Površina 2014 (ha)	Površina 2014 (%)	Površina negativnih NDVI (%)	Površina nespremenjenih NDVI (%)	Površina pozitivnih NDVI (%)
Gozd	24953,58	62,2	5,36	18,53	76,11
Grmičevje	4811,78	11,99	18,04	47,08	34,88
Travišče	7395,76	18,43	45,39	38,22	16,39

Vir podatkov: USGS, 2024; MKGP, 2024.

## 5 Prostorski vzorec biodiverzitete sekundarnih travišč in njihovih sukcesijskih faz

Analiza razmerja med vegetacijskim indeksom NDVI in Shannonovim indeksom biodiverzitete  $H'$  na podlagi vegetacijskih popisov nakazuje na značilno negativno korelacijo ( $R^2 = 0,569$ ) (Slika 5). Linearni regresijski model nakazuje, da je za gozd, s splošno višjimi vrednostmi NDVI, značilna manjša biodiverziteteta in da je za travišča, s splošno nižjimi vrednostmi NDVI, značilna večja biodiverziteteta. Biodiverziteteta na območju vegetacijskih popisov tako pada po sukcesijskem gradientu.



**Slika 5: Odnos med vrednostmi NDVI in  $H'$  na podlagi terenskih vegetacijskih popisov.**

Vir podatkov: Batalha idr., 2015. Grafikon: Avtorji, 2025.

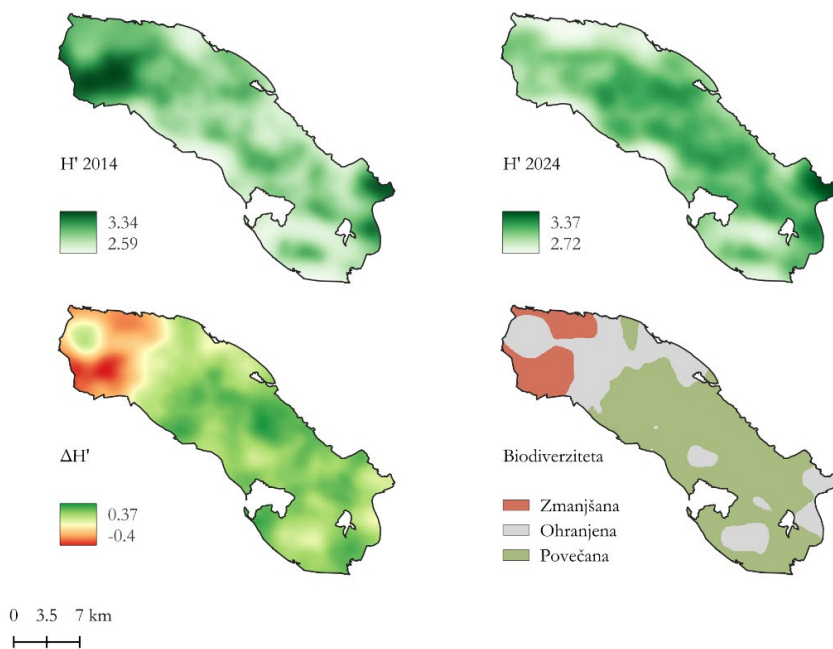
Analiza vrednosti  $H'$  na raziskovanem območju v obdobju med letoma 2014 in 2024 kaže na njeno povečanje (Slika 6, zgornji del). Leta 2014 povprečna vrednost  $H'$  na raziskovalnem območju znaša 2,91. Območja najvišjih vrednosti so koncentrirana na SZ in JV, območja najnižjih vrednosti pa v notranjosti in na J robu. Leta 2024 povprečna vrednost  $H'$  na raziskovalnem območju znaša 3,03. Območja najvišjih vrednosti so koncentrirana na JV, območja najnižjih vrednosti na S robu. V splošnem 4 % povečanje povprečne vrednosti  $H'$  med letoma 2014 in 2024 nakazuje zmerno večanje biodiverzitete z vidika sekundarnih travnišč in njihovih sukcesijskih faz, vendar so opazni veliki prostorski premiki in neenakomerna distribucija.

Analiza sprememb vrednosti  $H'$  oziroma biodiverzitete sekundarnih travnišč in njihovih sukcesijskih faz kaže na izrazite prostorske razlike (Slika 6, spodnji del). Območja višanja vrednosti  $H'$  oziroma povečane biodiverzitete prevladujejo po celotnem prostoru (58,9 %) s koncentracijami površin najvišjih vrednosti v osrednjem delu in na J.

Območja nižanja vrednosti  $H'$  oziroma zmanjšane biodiverzitete (11,3 %) se pojavljajo na SZ. Za večji del raziskovalnega območja so značilne nespremenjene vrednosti  $H'$  oziroma ohranjena biodiverziteta (29,8 %), ki se pojavlja na S in v manjših zaplatah na J. Območja nespremenjenih vrednosti tvorijo izrazit rob na prehodu iz območij zmanjšane v povečano biodiverziteto, kar kaže prostorsko stabilna območja z ohranjenimi ekološkimi razmerami in s počasnejšimi spremembami.

Analiza sprememb vrednosti  $H'$  znotraj kategorij rabe tal za leto 2014 nakazuje podobno situacijo znotraj zemljiških kategorij (Preglednica 4). Na vseh izbranih kategorijah prevladujejo območja višanja vrednosti  $H'$ , kar kaže povečano biodiverziteto v zgodnjih ali vmesnih fazah sukcesije s heterogeno vegetacijsko strukturo.

Opazna so tudi območja nespremenjenih vrednosti, kar kaže relativno stabilnost in počasnejši potek sprememb znotraj določenih zaplat. Najmanj obsežna so območja nižanja vrednosti, kar je lahko posledica napredovanja sukcesije v enolične grmiščne ali gozdne sestoje. V splošnem prevladujejo območja višanja vrednosti  $H'$ , kar nakazuje prevladujočo mozaično strukturo vegetacije, kjer je sukcesija še v fazi, ki podpira višjo biodiverziteto.



Slika 6: Vrednosti  $H'$  in njene spremembe med letoma 2014 in 2024.

Vir podatkov: Batalha idr., 2015; ARSO, 2025a; ARSO, 2024. Kartografija: Avtorji, 2025.

Preglednica 4: Struktura sprememb vrednosti  $H'$  glede na kategorije rabe tal.

Raba tal	Površina 2014 (ha)	Površina 2014 (%)	Površina negativnih $H'$ (%)	Površina nespremenjenih $H'$ (%)	Površina pozitivnih $\Delta H'$ (%)
Gozd	24953,58	62,2	14,5	27,7	57,8
Grmičevje	4811,78	11,99	7,7	28,6	63,7
Travišče	7395,76	18,43	4,6	35,5	59,9

Vir podatkov: Batalha idr., 2015; MKGP, 2024.

## 6 Razlike v biodiverziteti travišč z in brez intervencij iz SKP

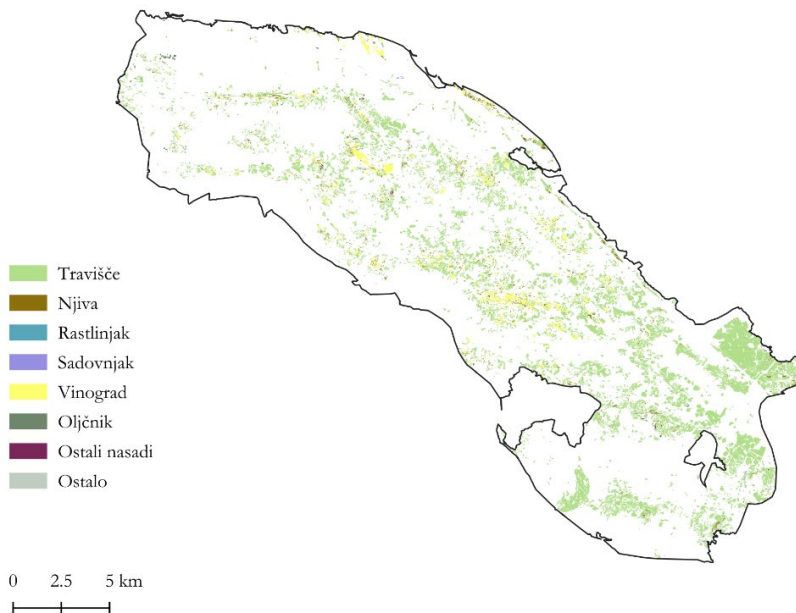
Leta 2024 površina vseh GERK obsega 6338,87 ha (15,8 % raziskovanega območja), znotraj katerih so najbolj obsežna kategorija travišča, ki obsegajo 5424,34 ha (12,2 % raziskovanega območja). Obsežnejši kategoriji so še vinogradi in njive (12,8 % raziskovanega območja), ostale pa obsegajo manj kot 1 % (Preglednica 5). Na raziskovanem območju tako glede na kmetijsko rabo prevladujejo travišča, kar poudarja pomen njihovega trajnostnega upravljanja. Glede na vključenost v SKP prevladujejo travišča z intervencijami, ki obsegajo 4897,17 ha (90,3 % travišč) s

povprečno velikostjo 0,51 ha, medtem ko travišča brez intervencij obsegajo 527,2 ha (9,7 % travišč) s povprečno velikostjo 0,26 ha (Slika 8).

**Preglednica 5: Struktura rabe tal na GERK-ih.**

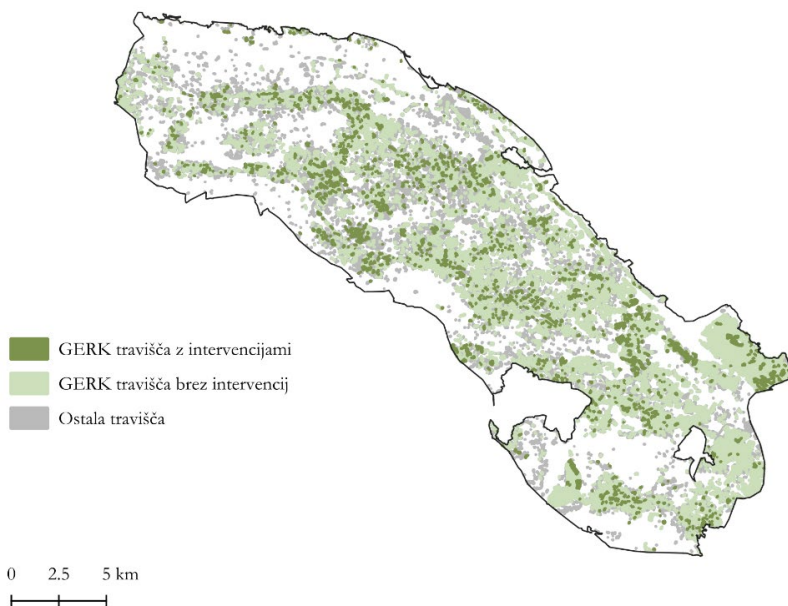
Raba tal	Površina (ha)	Površina (%)
Travišče	5424,34	85,6
Vinograd	574,23	9,1
Njiva	237,33	3,7
Sadovnjak	43,99	0,7
Oljčnik	29,62	0,5
Ostalo	18,74	0,3
Ostali nasadi	10,12	0,2
Rastlinjak	0,5	0,01

Vir podatkov: MKGP, 2024).



**Slika 7: Rabe tal na GERK-ih.**

Vir podatkov: MKGP, 2024; ARSO, 2025a. Kartografija: Avtorji, 2025.



**Slika 8: Prostorska razporeditev travišč z različnim statusom.**  
Vir podatkov: MKGP, 2024; ARSO, 2025a. Kartografija: Avtorji, 2025.

Rezultati t-preizkusa so pokazali statistično značilno razliko v biodiverziteti ( $H'$  2024) za travišča z in travišča brez intervencij ( $t = 3,95$ ;  $df = 2697$ ;  $p < 0,05$ ) (Preglednica 6). Povprečna vrednost je bila pri traviščih z intervencijami (3,12) višja kot pri traviščih brez intervencij (3,11). Izračunana velikost učinka (Cohenov  $d = 0,10$ ) je zelo majhna, kar kaže, da je razlika med skupinama travišč zanemarljiva. Tako, kljub statistično signifikantni razliki, intervencije niso povzročile večjega vpliva na biodiverzitetu raziskovalnega območja v obravnavanem obdobju.

Rezultati t-testa so pokazali statistično značilno razliko v spremembi biodiverzitete ( $\Delta H'$  2014–2024) za travišča z in travišča brez intervencij ( $t = -5,57$ ;  $df = 2823$ ;  $p < 0,05$ ) (Preglednica 7). Povprečna razlika je bila pri traviščih z intervencijami (-0,03) večja kot pri traviščih brez intervencij (-0,02). Izračunana velikost učinka (Cohenov  $d = -0,14$ ) je zelo majhna, kar kaže, da je razlika med skupinama travišč zanemarljiva. Kljub statistično signifikantni razliki intervencije tako niso povzročile večjega vpliva na spremembo biodiverzitete raziskovalnega območja v obravnavanem obdobju.

**Preglednica 6: Rezultati statističnega testa za ugotavljanje razlik v biodiverziteti.**

	Travišča z intervencijami	Travišča brez intervencij
Aritmetična sredina	3,1188	3,1098
Varianca	0,008	0,009
Vzorec	9608	1951
df	2697	
t-vrednost	3,9533	
p-vrednost	0,00007906	
Kritična t-vrednost	1,9608	

Vir podatkov: Batalha idr., 2015; MKGP, 2024.

**Preglednica 7: Rezultati statističnega testa za ugotavljanje razlike v spremembi biodiverzitet.**

	Travišča z intervencijami	Travišča brez intervencij
Aritmetična sredina	-0,0316	-0,0192
Varianca	0,008	0,007
Vzorec	9603	1947
df	2823	
t-vrednost	-5,5739	
p-vrednost	0,00000003	
Kritična t-vrednost	1,9608	

Vir podatkov: Batalha idr., 2015; MKGP, 2024.

Ugotovljeno povišanje povprečne vrednosti NDVI med letoma 2014 in 2024 kaže splošno večanje biomase in zgoščanje vegetacije, ki je značilno za zaraščanje. Ugotovitev je skladna z dolgoročno analizo sprememb rabe tal klasičnega Krasa, ki kaže krčenje travišč z več kot 80 % na manj kot 20 % pokritosti v zadnjih 250 letih (Kaligarič & Ivajnsič, 2014). Obsežne spremembe v obliki intenzivne sukcesije so posledica depopulacije podeželja, opuščanja kmetijskih zemljišč in ukinjanja tradicionalnih kmetijskih praks (Kladnik, 2009; Kaligarič & Čarni, 1991). Proces je dodatno okrepljen zaradi politik, kot je načrtno pogozdovanje od 19. do polovice 20. stoletja (Zorn idr., 2015) ter omejenega uvajanja ukrepov iz SKP v sedanosti (Kaligarič & Ivajnsič, 2014). Podobni procesi so značilni za celotno Evropo, saj so v splošnem biodiverziteti in ekosistemske storitve travišč ogrožene zaradi zaraščanja ali njihove intenzifikacije (Batalha idr., 2015; Schils idr., 2022; Gigante idr., 2024).

Podatki vegetacijskih popisov potrjujejo pričakovano negativno korelacijo med vrednostmi NDVI in vrednostmi  $H'$  vzdolž sukcesijskega gradienta, kar kaže nižanje biodiverzitet z naraščanjem gostote vegetacije. Sekundarna travišča tako podpirajo večjo biodiverzitetu kot zaprti habitati (Kaligarič idr., 2006; Dengler idr., 2014). Kljub višanju povprečne vrednosti NDVI so se na ravni pokrajine tudi povprečne

vrednosti  $H'$  v desetletju povišale. Drugačen vzorec je posledica razlik med terenskimi podatki, ki opisujejo odnos na podlagi točkovnih popisov v danem trenutku, in prostorskim modeliranjem, ki zajema prostorske spremembe obsežnejših delov raziskovanega območja čez desetletje. Opazne so tako velike prostorske razlike v spremembi biodiverzitete sekundarnih travišč in njihovih sukcesijskih faz, vendar so v splošnem območja povečanja večja od območij njenega zmanjšanja. Poleg tega obdobje desetih let ni dovolj dolgo, da bi se progresivna sukcesijska faza odražala v izrazitem upadu biodiverzitete, ki je značilen za zrele sklenjene gozdne sestoje, medtem ko zgodnja faza sukcesije še vedno omogoča visoko heterogenost (Čarni idr., 2021).

Kljub statistično majhni razliki, primerjava travišč z in brez intervencij SKP, kaže na dvojni učinek. Travišča z intervencijami imajo višje vrednosti  $H'$  kot travišča brez intervencij. Vzrok je lahko povezan z velikostjo travišč z intervencijami, ki so v povprečju za 50 % večja in posledično ekonomsko donosnejša, kar preprečuje njihovo zaraščanje in zmanjšanje biodiverzitete. Za travišča z intervencijami je hkrati značilno večje zmanjšanje vrednosti  $H'$  kot travišča brez intervencij. Ugotovljeno stanje nakazuje, da sredstva SKP niso namenjena traviščem z visoko naravovarstveno vrednostjo, ampak tudi intenzivno upravljanim površinam, kar zmanjšuje učinek na dolgoročno ohranjanje biodiverzitete. Podobno je ugotovljeno v programskih obdobjih 2007–2013 in 2014–2020, ko skoraj polovica travišč z intervencijami ni imela visoke naravovarstvene vrednosti, kar je vodilo v napačno dodelitev 41 % sredstev, ki so bila namenjena subvencioniranju intenzivno upravljanih travišč (Kaligarič idr., 2019). Kljub naložbam v višini 0,5 milijarde EUR so tako opaženi znatni negativni učinki, vključno z upadom travniških rastlin, ptic in metuljev (Jančar, 2014; Jugović idr., 2013; Kmecl idr., 2014).

Omejena učinkovitost subvencij je posledica različnih dejavnikov. Med nekaterimi so odsotnost jasnih meril za opredelitev travišč z visoko naravovarstveno vrednostjo, pomanjkanje sistematičnega vrednotenja učinkov izvedenih ukrepov, nizka finančna podpora, neustrezno ozaveščanje o upravičenih traviščih (Kaligarič idr., 2019); zapletene birokratske zahteve, razdrobljenost zemljišč (Ivajnsič idr., 2018); dolgotrajne obveze kmetovalcev, zahtevno usklajevanje ekonomske donosnosti z okoljskimi cilji, regionalne razlike brez upoštevanja lokalnih posebnosti (Dengler idr., 2014); zamude pri izplačilih, omejitve dovoljenih kmetijskih dejavnosti, nezadostna promocija ekstenzivnega kmetijstva, pomanjkanje ciljno

usmerjenega ozaveščanja kmetov o njegovih koristih (Žgavec idr., 2013). V novem programskem obdobju je učinkovitost ukrepov vprašljiva, saj le delno naslavljajo ključne izzive, kot so razdrobljenost kmetij, staranje nosilcev, nizka dodana vrednost pridelkov in pomanjkanje ukrepov za travišča z visoko naravovarstveno vrednostjo (Šumrada idr., 2024). Novo programsko obdobje omogoča prilagodljivost državam članicam, kar pogosto vodi v nizke okoljske ambicije (Pe'er idr., 2020).

Kljub ugotovljenem omejenem učinku so subvencije lahko učinkovite. Primer s Krasa kaže, da so subvencije v obdobju od 2002 do 2012 prispevale k zmernemu povečanju ovčereje, kar je pripomoglo k upočasnitvi krčenja sekundarnih travišč (Veldkamp & Lambin, 2001; Ivajnsič idr., 2013; Kaligarič & Ivajnsič, 2014). Podobno potrjujejo analize kmetij s širšega območja Krasa, ki kažejo, da subvencije lahko povečajo dohodek in izboljšajo vzdržnost ekstenzivnih kmetijskih praks (Šumrada idr., 2024).

Poleg zaraščanja je biodiverziteta travišč na raziskovalnem območju lahko ogrožena zaradi podnebnih sprememb, saj višje povprečne temperature zraka delujejo kot pospeševalec procesa sukcesije (Davidovič idr., 2022). Negativni učinki podnebnih sprememb na vegetacijo se kažejo tudi v povečani evapotranspiraciji in pomanjkanju vode. Posebno na Krasu se zaradi prepustnih kamnin in večje osončenosti v poletnih mesecih pojavljajo suše in požarih (Veble & Brečko Grubar, 2016). Učinek je dodatno okrepljen zaradi zaraščanja, saj na vmesni stopnji sukcesije prevladujejo grmovne vrste, ki so bolj dovzetne za požare (Dolgan-Petrič, 1989). Posledično se je na Krasu leta 2022 zgodil največji požar v zgodovini Slovenije, ki je v 17 dneh uničil 3700 hektarjev in povzročil 26,88 milijona evrov škode (RTV/SLO, 2022; STA, 2023).

Travišča ter njihova biodiverziteta in ekosistemske storitve so tako odvisne od naravnih procesov in družbenih dejavnosti. Za preprečevanje nadaljnje degradacije je smiselno učinkovito vrednotenje naravovarstvenih površin, podpora malim kmetijam, diverzifikacija v turizem in vlaganja v dodano vrednost proizvodov. Ključno je torej povezovanje ekonomske, socialne in ekološke dimenzije kmetijstva z ekstenzivnimi kmetijskimi praksami.

## 7 Sklep

Raziskava je pokazala spremembe v gostoti vegetacije in biodiverziteti na Natura 2000 območju Kras med letoma 2014 in 2024. Ugotovljeno je naraščanje povprečne vrednosti NDVI, kar kaže splošno zaraščanje. Kljub prevladujoči progresivni sukcesijski kategoriji sta opazni tudi regresivna in stabilna sukcesijska kategorija, kar je značilno za mozaične pokrajine. Prav tako je ugotovljeno naraščanje povprečne vrednosti  $H'$ , kar kaže splošno večanje biodiverzitete. Kljub splošnem povečanju so nastale izrazite prostorske razlike, saj so na SV delu opazna obsežnejša območja zmanjšanja biodiverzitete.

Primerjava travnišč z in brez intervencij SKP je pokazala razlike v biodiverziteti in njeni spremembi v raziskovanem obdobju. Ugotovljena je nekoliko višja biodiverziteteta na travniščih z intervencijami, a hkrati tudi večji upad skozi čas. Razlike nakazujejo omejene učinke sedanjih intervencij SKP za dolgoročno ohranjanje biodiverzitete. Rezultati poudarjajo potrebo po ciljno usmerjenem in prostorsko prilagojenem upravljanju travnišč za ohranjanje biodiverzitete in ekosistemskih storitev, ki jih zagotavljajo.

### Viri in literatura

- Araújo, M. B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D., & Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas: Climate change threatens conservation areas. *Ecology Letters*, 14(5), 484–492. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x>
- ARSO. (2024). Osnovna statistika za leto 2016. <https://www.meteo.si/met/sl/climate/tables/yearbook/2016/>
- ARSO. (2025a). Atlas okolja. [https://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](https://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)
- ARSO. (2025b). Podnebne spremembe: Rezultati, odkloni osnovnih spremenljivk za 30-letna obdobja in sedanje stanje - Zbirke | OPSI - Odprti podatki Slovenije. [https://podatki.gov.si/dataset/arsopodnebnne-spremembe-rezultati-odkloni-osnovnih-spremenljivk-za-30-letna-obdobja-in-sedanje-stanje?resource\\_id=985fbb53-80d8-499b-9841-f2a7f84584cc](https://podatki.gov.si/dataset/arsopodnebnne-spremembe-rezultati-odkloni-osnovnih-spremenljivk-za-30-letna-obdobja-in-sedanje-stanje?resource_id=985fbb53-80d8-499b-9841-f2a7f84584cc)
- Bai, Y., & Cotrufo, M. F. (2022). Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, 377(6606), 603–608. <https://doi.org/10.1126/science.abo2380>
- Bartual, A. M., Sutter, L., Bocci, G., Moonen, A.-C., Cresswell, J., Entling, M., Giffard, B., Jacot, K., Jeanneret, P., Holland, J., Pfister, S., Pintér, O., Veromann, E., Winkler, K., & Albrecht, M. (2019). The potential of different semi-natural habitats to sustain pollinators and natural enemies in European agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.009>

- Batalha, M. A., Pipenbaker, N., Bakan, B., Kaligarić, M., & Škornik, S. (2015). Assessing community assembly along a successional gradient in the North Adriatic Karst with functional and phylogenetic distances. *Oecologia*, 178(4), 1205–1214. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3295-5>
- Bredenkamp, G. J., Spada, F., & Kazmierczak, E. (2002). On the origin of northern and southern hemisphere grasslands. *Plant Ecology*, 163(2), 209–229. <https://doi.org/10.1023/A:1020957807971>
- Chytrý, M., Dražil, T., Hájek, M., Kalníková, V., Preislerová, Z., Šibík, J., Ujházy, K., Axmanová, I., Bernátová, D., Blanár, D., Dančák, M., Dřevojan, P., Fajmon, K., Galváneš, D., Hájková, P., Herben, T., Hrivnák, R., Janěček, Š., Janišová, M., ... Vymazalová, M. (2015). The most species-rich plant communities in the Czech Republic and Slovakia (with new world records). *Preslia*. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-most-species-rich-plant-communities-in-the-new-Chytr%C3%BD-Dra%C5%BEil/21c5d5abc94bec9bfcaa963a875848e76de14e52>
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Cramer, V. A., Hobbs, R. J., & Standish, R. J. (2008). What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(2), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.005>
- Čarni, A., Zimmermann, Z., Juvan, N., Paušič, A., Szabó, G., & Bartha, S. (2021). An example of fast old field succession in a traditionally managed rural landscape on the Slovenian Karst. *Hacquetia*, 20(1), Article 1.
- Damgaard, C. (2022). *Spatio-temporal modelling of the effect of selected environmental and land-use factors on species-rich calcareous grasslands: Overgrazing and nitrogen deposition*. <https://doi.org/10.1101/2022.11.29.518308>
- Dasselaar, A. van den P., Golinski, P., Hennessy, D., Huyghe, C., Parente, G., Peyraud, J. L., & Stienezen, M. W. J. (2013). Appreciation of current and future functions of grassland by international stakeholders in Europe. *The Role of Grasslands in a Green Future: Threats and Perspectives in Less Favoured Areas. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland, 23-26 June 2013*, 219–221. <https://research.wur.nl/en/publications/appreciation-of-current-and-future-functions-of-grassland-by-inte>
- Davidović, D., Ivajnski, D., & Čuš, J. (2022). *Interakcija naravnih in družbenih razmer kot pospeševalce zaraščanja Krasa* (str. 101–120). <https://doi.org/10.18690/um.fnm.8.2022.5>
- Dengler, J., Janišová, M., Török, P., & Wellstein, C. (2014). Biodiversity of Palaeartic grasslands: A synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 182, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.015>
- Dolgan-Petrič, M. (1989). Gozdni požari na kraškem gozdnogospodarskem območju Slovenije. *Geografski vestnik*, 61, 71–82.
- Eriksson, Å., & Eriksson, O. (1997). Seedling recruitment in semi-natural pastures: The effects of disturbance, seed size, phenology and seed bank. *Nordic Journal of Botany*, 17(5), 469–482. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1997.tb00344.x>
- EUROSTAT. (2018). Permanent Agricultural Grassland in Europe. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Permanent\\_agricultural\\_grassland\\_in\\_Europe](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Permanent_agricultural_grassland_in_Europe)
- Excel. (2025). Use the Analysis ToolPak to perform complex data analysis - Microsoft Support. <https://support.microsoft.com/en-us/office/use-the-analysis-toolpak-to-perform-complex-data-analysis-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6>
- FAOSTAT. (2022). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/LC>
- Foden, W. B., Butchart, S. H. M., Stuart, S. N., Vič, J.-C., Akçakaya, H. R., Angulo, A., DeVantier, L. M., Gutsche, A., Turak, E., Cao, L., Donner, S. D., Katariya, V., Bernard, R., Holland, R. A., Hughes, A. F., O'Hanlon, S. E., Garnett, S. T., Şekercioğlu, Ç. H., & Mace, G. M. (2013). Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based

- Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. *PLoS ONE*, 8(6), e65427.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065427>
- GIAM. (1998). *The Regionalization of Slovenia*.
- Gibson, D. J. (2009). *Grasses and Grassland Ecology*. Oxford University Press.
- Gigante, D., Angelucci, S., Bonini, F., Caruso, F., Di Cecco, V., Donnini, D., Morbidini, L., Pauselli, M., Valenti, B., Tassi, A., Vizzari, M., & Di Martino, L. (2024). Seminatural Grasslands: An Emblematic Challenge for Nature Conservation in Protected Areas. *Land*, 13(3), 386.  
<https://doi.org/10.3390/land13030386>
- Global assessment of soil carbon in grasslands*. (2023, februar 14). FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3981en>
- Habič, P. (1979). Problematika geografskega vrednotenja krasa. *Geografski vestnik*, 51, 147–157.
- Hejman, M., Hejmanová, P., Pavlu, V., & Beneš, J. (2013). Origin and history of grasslands in Central Europe – a review. *Grass and Forage Science*, 68(3), 345–363.  
<https://doi.org/10.1111/gfs.12066>
- Hopkins, A., & Holz, B. (2006). Grassland for agriculture and nature conservation: Production, quality and multi-functionality. *Agronomy research*, 4(1), 3–20.
- Horvat, I. (1974). *Vegetation Sudosteuropas. Vegetation of southeast Europe*.
- Horvatič, S. (1973). Syntaxonomic analysis of the vegetation of dry grassland and stony meadows in eastern Adriatic coastal karst district based on the latest phytocoenological research. *Fragmenta Herbológica Jugoslavica*, 32, 1–15.
- Hrvatina, M., Perko, D., & Petek, F. (2006). Land use in selected erosion-risk areas of Tertiary low hills in Slovenia. *Acta Geographica Slovenica*, 46(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.3986/AGS46103>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1. izd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Ivajnsič, D., & Donša, D. (2018). Intenzivnost podnebnih sprememb na območjih Natura 2000 v Sloveniji. *Revija za geografijo*, 13(2), 59–71.
- Ivajnsič, D., Pintarič, D., Škornik, S., Kaligarič, M., & Pipenbaher, N. (2018). SOSKOPOP Haloze: Podporni sistem potencialnim uveljaviteljem ukrepov KOPOP na nivoju travišč. *Revija za geografijo*, 14(1), 49–64.
- Ivajnsič, D., Škornik, S., & Kaligarič, M. (2013). Spremembe rabe tal med letoma 1830 in 2008 na območju Movraškega Krasa in na bližnjih flišnih predelih. *Revija za geografijo*, 8(1), 83–95.
- Jančar, T. (2014). Uničujoč vpliv kmetijske politike na travniške ptice. *Svet ptic*, 20(2), 10–11.
- Jugovic, J., Črne, M., & Pečnikar, Ž. F. (2013, junij 30). *The impact of grazing, overgrowth and mowing on spring butterfly (Lepidoptera: Rhopalocera) assemblages on dry karst meadows and pastures*.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/The-impact-of-grazing%2C-overgrowth-and-mowing-on-on-Jugovic-%C4%8Crne/178cb6723bd4d64429530d48d99ee13a6bf9ef26>
- Kaligarič, M., Culiberg, M., & Kramberger, B. (2006). Recent vegetation history of the North Adriatic grasslands: Expansion and decay of an anthropogenic habitat. *Folia Geobotanica*, 41(3), 241–258. <https://doi.org/10.1007/BF02904940>
- Kaligarič, M., & Čarni, A. (1991). Travniki na Krasu in v Istri se zaraščajo. *Annales (Koper)*, 1(1), 41–46.
- Kaligarič, M., Čuš, J., Škornik, S., & Ivajnsič, D. (2019). The failure of agri-environment measures to promote and conserve grassland biodiversity in Slovenia. *Land Use Policy*, 80, 127–134.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.013>
- Kaligarič, M., & Ivajnsič, D. (2014). Vanishing landscape of the “classic” Karst: Changed landscape identity and projections for the future. *Landscape and Urban Planning*, 132, 148–158.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.004>
- Kaligarič, M., & Poldini, L. (1996). *New contributions on the typology of the vegetation of dry grasslands (Scorzgeretalia villosae H-IC 1975) in the North Adriatic karst*.
- Kaligarič, M., Sedonja, J., & Šajna, N. (2008). Traditional agricultural landscape in Goričko Landscape Park (Slovenia): Distribution and variety of riparian stream corridors and patches. *Landscape and Urban Planning*, 85(1), 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.09.012>

- Kaligarič, M., & Škornik, S. (2002). Contribution to the knowledge of the dry grassland vegetation on the highland areas of the Pohorje mountain (Slovenia). *Annales. Series historia naturalis*, 12(1), 53–60.
- Karlik, P. (2019, november 14). *How is the age of an anthropogenic habitat—Calcareous grasslands—Affecting the occurrence of plant species and vegetation composition—A historical, vegetation and habitat ecological analysis*. <https://www.semanticscholar.org/paper/How-is-the-age-of-an-anthropogenic-habitat-the-of-a-Karl%C3%ADk/c03df4ca548e296ab40a2a173ed95cb19007e3af>
- Kladnik, D. (2009). Dejavniki spreminjanja rabe tal. V *Kras: Trajnostni razvoj kraške pokrajine*. ZRC SAZU, Založba ZRC. <https://doi.org/10.3986/9789612545475>
- Kladnik, D. (2011). *Širjenje gozda na krasu kot dejavnik prostorskega razvoja*. 83(2), 67–80.
- Kmecl, P., Figelj, J., & Jančar, T. (2014). *Monitoring splošno razširjenih vrst ptic za določitev slovenskega indeksa ptic kmetijske krajine—Poročilo za leto 2014*. DOPPS. [https://skp.si/wp-content/uploads/2013/06/201411\\_kmecl\\_figelj\\_monitoring\\_sipkk\\_2014.pdf](https://skp.si/wp-content/uploads/2013/06/201411_kmecl_figelj_monitoring_sipkk_2014.pdf)
- Kose, M., Melts, I., & Heinsoo, K. (2022). Medicinal Plants in Semi-Natural Grasslands: Impact of Management. *Plants*, 11(3), 353. <https://doi.org/10.3390/plants11030353>
- Liu, Y.-F., Liu, Y., Shi, Z.-H., López-Vicente, M., & Wu, G.-L. (2020). Effectiveness of re-vegetated forest and grassland on soil erosion control in the semi-arid Loess Plateau. *CATENA*, 195, 104787. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104787>
- Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>
- Microsoft. (2024). Microsoft Excel. <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel>
- Milcu, A., Hanspach, J., Abson, D., & Fischer, J. (2013). Cultural Ecosystem Services: A Literature Review and Prospects for Future Research. *Ecology and Society*, 18(3). <https://doi.org/10.5751/ES-05790-180344>
- MKGP. (2024). Javno dostopni podatki. <https://rkg.gov.si/vstop/>
- NASA. (2025a, maj 16). Grassland: Mission: Biomes; NASA Earth Observatory. <https://earthobservatory.nasa.gov/biome/biograssland.php>
- NASA. (2025b, avgust 19). [Text.Article]. Vegetation Index NDVI; NASA Earth Observations (NEO). [https://neo.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD\\_NDVI\\_M](https://neo.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD_NDVI_M)
- OpenStreetMap. (2025). OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org/>
- Pe'er, G., Bonn, A., Bruehlheide, H., Dieker, P., Eisenhauer, N., Feindt, P. H., Hagedorn, G., Hansjürgens, B., Herzog, I., Lomba, A., Marquard, E., Moreira, F., Nitsch, H., Oppermann, R., Perino, A., Röder, N., Schleyer, C., Schindler, S., Wolf, C., ... Lakner, S. (2020). Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges. *People and nature (Hoboken, N.J.)*, 2(2), 305–316. <https://doi.org/10.1002/pan3.10080>
- Perko, D., Hrvatinić, M., & Ciglić, R. (2017). Determination of landscape hotspots of Slovenia. *Acta Geographica Slovenica*, 57(1), Article 1. <https://doi.org/10.3986/AGS.4618>
- Phukubye, K., Mutema, M., Buthelezi, N., Muchaonyerwa, P., Cerri, C., & Chaplot, V. (2022). On the impact of grassland management on soil carbon stocks: A worldwide meta-analysis. *Geoderma Regional*, 28, e00479. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00479>
- Pickett, S., Meiners, S., & Cadenasso, M. (2011). Domain and Propositions of Succession Theory. *The Theory of Ecology*, 185–216.
- Pipenbaher, N., Kaligarič, M., & Škornik, S. (2011). Floristic and Functional comparison of karst pastures and karst meadows from the North Adriatic Karst. *Acta Carsologica*, 40(3), Article 3. <https://doi.org/10.3986/ac.v40i3.61>
- Poldini, L. (1989). *La vegetazione del Carso isontino e triestino*. <https://www.ibs.it/vegetazione-del-carso-isontino-triestino-libro-livio-poldini/e/9788885083301>
- QGIS. (2024, april 19). QGIS. <https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>
- Reed, H. E., Seastedt, T. R., & Blair, J. M. (2005). Ecological Consequences of C4 Grass Invasion of a C4 Grassland: A Dilemma for Management. *Ecological Applications*, 15(5), 1560–1569. <https://doi.org/10.1890/04-0407>

- Ribeiro, D., & Hribar, M. Š. (2019). Assessment of land-use changes and their impacts on ecosystem services in two Slovenian rural landscapes. *Acta Geographica Slovenica*, 59(2), Article 2. <https://doi.org/10.3986/AGS.6636>
- Rogerson, M., Brown, D. K., Sandercock, G., Wooller, J.-J., & Barton, J. (2016). A comparison of four typical green exercise environments and prediction of psychological health outcomes. *Perspectives in Public Health*, 136(3), 171–180. <https://doi.org/10.1177/1757913915589845>
- Rostás, M., & Hiltbold, I. (2017). Editorial: Grassland-Invertebrate Interactions: Plant Productivity, Resilience and Community Dynamics. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1413. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01413>
- RTV/SLO. (2022, 6). Kras je najzahtevnejše področje za obnovo gozda. Sadi in seje se praktično v kamen. <https://www.rtvlo.si/okolje/kras-je-najzahtevnejse-podrocje-za-obnovo-gozda-sadi-in-seje-se-practicno-v-kamen/635476>
- Schils, R. L. M., Bufer, C., Rhymer, C. M., Francksen, R. M., Klaus, V. H., Abdalla, M., Milazzo, F., Lellei-Kovács, E., Berge, H. ten, Bertora, C., Chodkiewicz, A., Džamātirč, C., Feigenwinter, I., Fernández-Rebollo, P., Ghiasi, S., Hejduk, S., Hiron, M., Janicka, M., Pellaton, R., ... Price, J. P. N. (2022). Permanent grasslands in Europe: Land use change and intensification decrease their multifunctionality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 330, 107891. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107891>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication* (str. vi, 117). University of Illinois Press.
- Shugart, H. H. (2013). SUCCESSION, PHENOMENON OF.
- Söderström, B., Svensson, B., Vessby, K., & Glimskär, A. (2001). Plants, insects and birds in semi-natural pastures in relation to local habitat and landscape factors. *Biodiversity & Conservation*, 10(11), 1839–1863. <https://doi.org/10.1023/A:1013153427422>
- STA. (2023, 6). STA. <https://www.sta.si/v-srediscu/pozar-kras-obletnica>
- Stevens, C. J. (2018). Recent advances in understanding grasslands. *F1000Research*, 7, F1000 Faculty Rev-1363. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15050.1>
- SURS. (2024, 5). SURS. <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/11124>
- Škornik, S., Vidrih, M., & Kaligarič, M. (2010). The effect of grazing pressure on species richness, composition and productivity in North Adriatic Karst pastures. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 144(2), 355–364. <https://doi.org/10.1080/11263501003750250>
- Šumrada, T., & Erjavec, E. (2023). Will farmers cooperate to conserve biodiversity? The use of collective bonus in the High Nature Value farmland in Slovenia. *Acta Geographica Slovenica*, 63(3), Article 3. <https://doi.org/10.3986/AGS.11015>
- Šumrada, T., Erjavec, E., Šile, U., & Žgajnar, J. (2024). Socio-Economic Viability of the High Nature Value Farmland under the CAP 2023–2027: The Case of a Sub-Mediterranean Region in Slovenia. *Agriculture*, 14(10), 1699. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101699>
- Uredba o območjih za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo. (2016). [https://www.uradni-list.si/\\_pdf/2016/Ur/u2016071.pdf#/u2016071-pdf](https://www.uradni-list.si/_pdf/2016/Ur/u2016071.pdf#/u2016071-pdf)
- USGS. (2024). Earth Explorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Veble, D., & Brečko Grubar, V. (2016). Pogostost in obseg požarov v naravi na Krasu in v slovenski Istri. *Geografski vestnik*, 88(1), 9–20.
- Veldkamp, A., & Lambin, E. F. (2001). Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1), 1–6. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00199-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00199-2)
- Wilson, J. B., Peet, R. K., Dengler, J., & Pärtel, M. (2012). Plant species richness: The world records. *Journal of Vegetation Science*, 23(4), 796–802. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01400.x>
- Zhao, Y., Liu, Z., & Wu, J. (2020). Grassland ecosystem services: A systematic review of research advances and future directions. *Landscape Ecology*, 35(4), 793–814. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00980-3>
- Zorn, M., Kumer, Peter, & Ferk, Mateja. (2015). *Od gozda do gozda ali kje je goli, kamniti Kras?* <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-UBDLWN4F/?query=%27keywords%3Dafforestation%27&pageSize=25>

- Žgavec, D., Eler, K., Udovč, A., & Batič, F. (2013). Contribution of agricultural policy measures to maintain grassland areas (the case of Radensko Polje Landscape Park). *Acta agriculturae Slovenica*, 101(1). <https://doi.org/10.14720/aas.2013.101.1.14949>
- Žuna Pfeiffer, T., Špoljarić Maronić, D., Petrošanec, S., Štolfa Čamagajevac, I., & Stević, F. (2018). Steppe-like grassland as a refuge of the wild edible and medicinal plant species in anthropogenic landscape in northeastern Croatia. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152(5), 1059–1066. <https://doi.org/10.1080/11263504.2017.1415992>

### Povzetek

Raziskava je obravnavala prostorsko dinamiko sukcesije in sprememb biodiverzitete sekundarnih travnišč na Natura 2000 območju Kras v obdobju 2014–2024 z integracijo terenskih vegetacijskih popisov in satelitskih podatkov. Analiza sprememb vegetacijskega indeksa NDVI je pokazala splošno povečanje gostote vegetacije, kar potrjuje proces zaraščanja in postopno homogenizacijo tradicionalno mozaične kraške pokrajine. Kljub prevladujoči progresivni sukcesiji so bile prepoznane tudi stabilne in regresivne faze, kar odraža prostorsko raznolik in nelinearen potek sprememb. Modelirani prostorski vzorec Shannonovega diverzitetnega indeksa ( $H'$ ) je pokazal zmerno povečanje povprečne biodiverzitete travnišč, vendar z izrazitimi prostorskimi razlikami. Območja povečanja biodiverzitete travnišč so povezana predvsem z zgodnjimi in vmesnimi sukcesijskimi fazami, kjer ohranjena strukturna heterogenost še omogoča visoko vrstno pestrost. Nasprotno pa napredovanje sukcesije v bolj sklenjene grmiščne in gozdne sestoje vodi v postopno zmanjševanje biodiverzitete, kar potrjuje negativno zvezo med gostoto vegetacije in biodiverzitetno travnišč. Primerjava travnišč z in brez intervencij Skupne kmetijske politike je razkrila statistično značilne, a ekološko zanemarljive razlike v biodiverziteti in njenem časovnem trendu. Rezultati kažejo, da obstoječi ukrepi niso dovolj ciljno usmerjeni in prostorsko prilagojeni, da bi dolgoročno omejili napredovanje sukcesije in ohranili vrstno bogata sekundarna travnišča. Raziskava je poudarila, da učinkovito ohranjanje biodiverzitete kraških travnišč zahteva prehod od splošnih ukrepov k prostorsko prilagojenem upravljanju, ki upošteva sukcesijsko dinamiko, prostorsko heterogenost in lokalne socio-ekonomske razmere. Takšen pristop je ključen za ohranjanje naravovarstvene vrednosti in kulturnih značilnosti Krasa v obdobju okoljskih in družbenih sprememb.