

Kartiranje izbranih habitatnih tipov ekstenzivnih travišč s satelitskimi podatki Sentinel-2 in PlanetScope

Posvet BF-MKGP: Novosti na področju varstva narave v kmetijstvu v Sloveniji

Ljubljana, 20. marec 2026

Foto: Travna ruša na Kašni planini (T. V.)

- Projekt:** Testiranje možnosti in izvedba kartiranja traviščnih habitatnih tipov z daljinskim zaznavanjem s poudarkom na satelitskih posnetkih visoke ločljivosti in ločevanju habitatnih tipov ekstenzivnih travišč
- Naročnik:** Ministrstvo za naravne vire in prostor
- Izvajalec:** Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani
- Pogodba št.** 2560-24-310019
- Trajanje:** sep. 2024 – nov. 2025



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR



ZAVOD REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA VARSTVO NARAVE



ZRC SAZU



FGG

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Travniki in druga traviščna vegetacija

- Travniki

- mokrotni / suhi
- pisani / vrstno osiromašeni
- intenzivni / ekstenzivni
- gnojeni
- v zaraščanju...



- Pašniki

- Zelenice - travnate površine v urbanih predelih, na smučiščih, golf...
- Ozelenjevanje na degradiranih območjih, zarasle odprte površine

Pomen kartiranja traviščne vegetacije

- Ekološka vrednost
 - pomemben krajinski element
 - ohranjanje/spremembe posebnih travišč, habitatnih tipov

Kartiranje?

- Kmetijska vrednost

Kje, koliko, kakšna so, v kakšnem stanju... spremembe in ohranjanje...

- zaraščanje
- Varovalna
 - erozija golih tal, obnova tal po antropogenih posegih ali nesrečah
- Ekosistemske storitve
- Obnova narave

Motivacija projektne naloge

- razviti postopek in testirati **možnosti razlikovanja med habitatnimi tipi ekstenzivnih travišč**
 - kartiranje ekstenzivnih travišč
 - razlikovanje med HT
 - območje Slovenije
- **satelitski posnetki**
 - Sentinel-2 (HR, prosto dostopni)
 - zelo visoke ločljivosti (VHR, komercialni)
- strojno učenje, analiza časovne vrste satelitskih posnetkov
- referenčni podatki (**kartiranja ZRSVN**) in podatki za verifikacijo (vegetacijski popisi BIJH ZRC SAZU)
- travniška območja **Natura 2000**

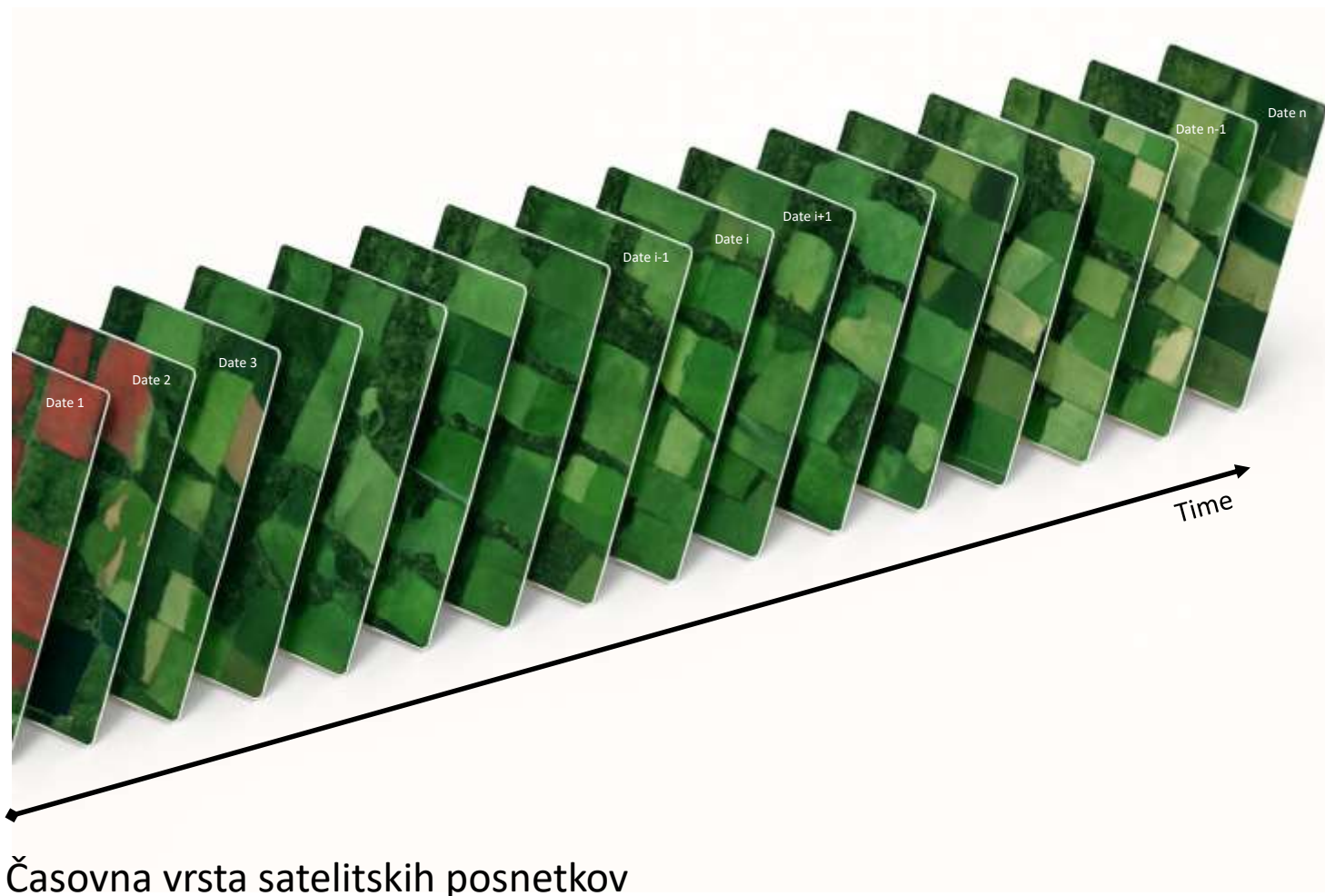
Satelitski podatki

Sentinel-2 in PlanetScope

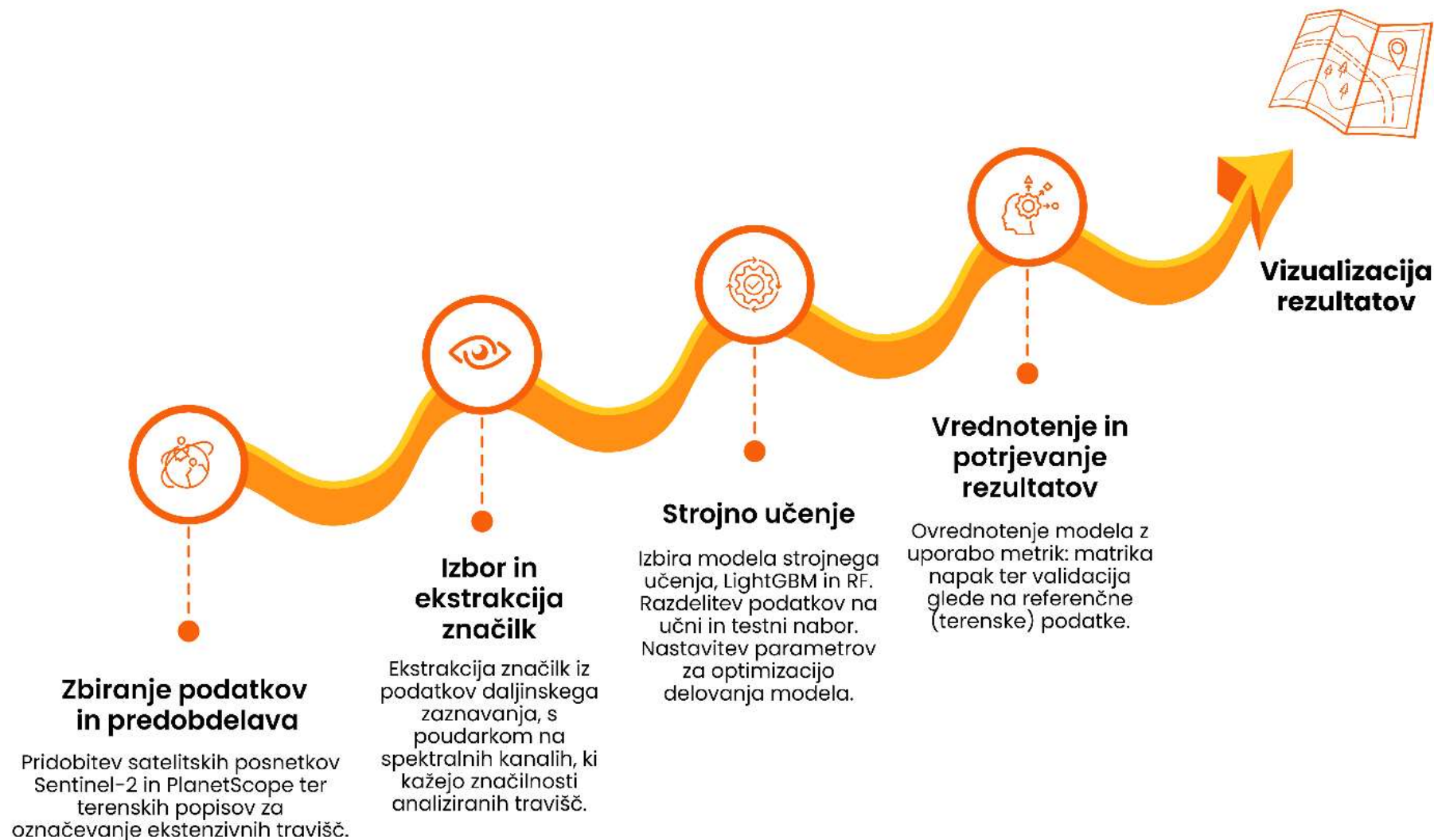


Satelit	Stopnja obdelave	Prostorska ločljivost	Časovna ločljivost	Število spektralnih kanalov
Sentinel-2	L2	10/20/60 m	5 dni	12
PlanetScope	L2	3-5 m	dnevno	8

Satelitski podatki: časovna vrsta

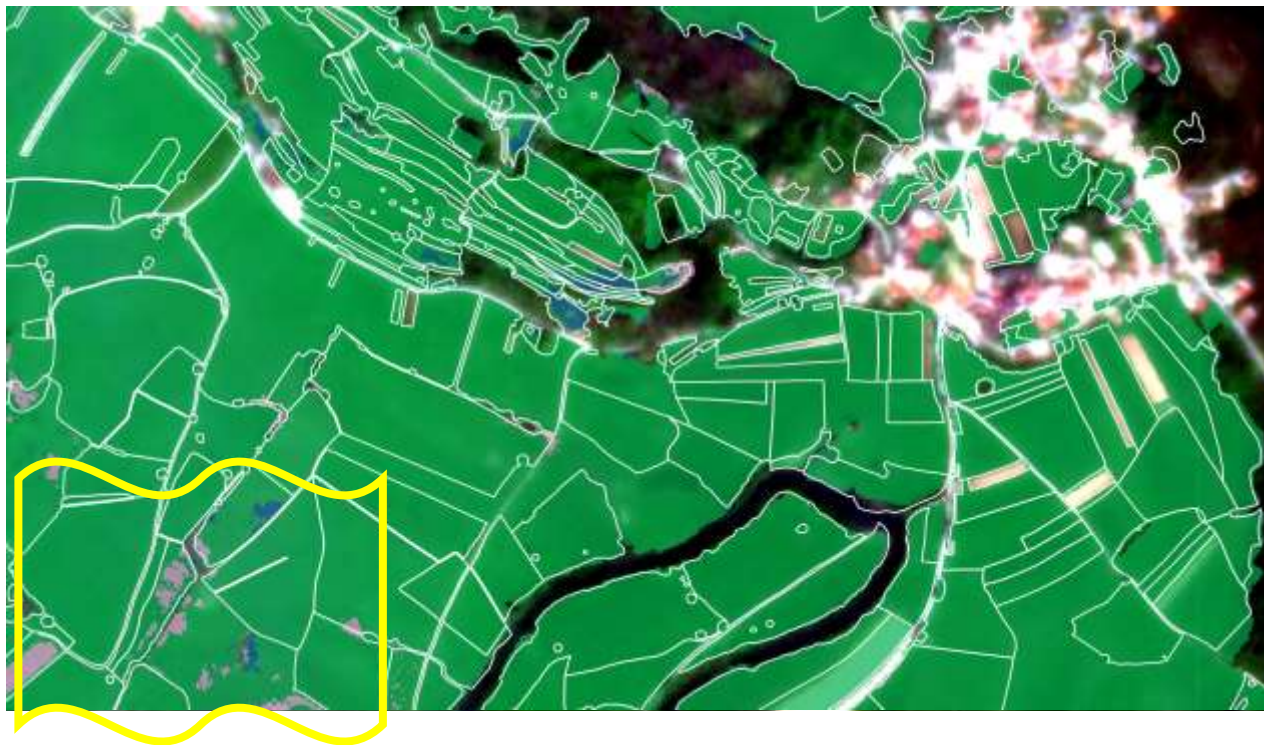


Postopek ločevanja HT ekstenzivnih travišč

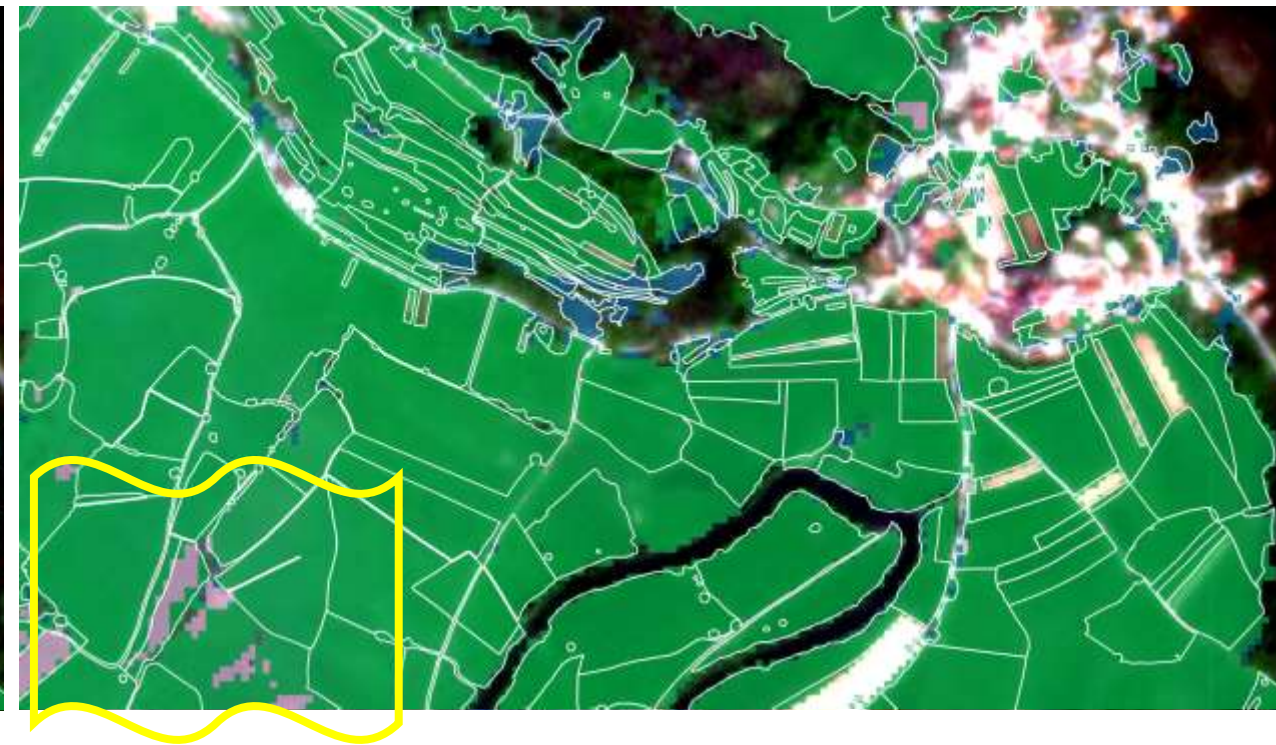


Prostorska enota kartiranja

PlanetScope (VHR 3-5 m)



Sentinel-2 (HR 10 m)



Klasifikacija poteka na pikslu - prostorski enoti

Tarčni razredi kartiranja HT ekstenzivnih travišč

PHYSIS	Habitatni tip
34.3	Evrosibirska suha in polsuha sekundarna travišča, pretežno na karbonatih
34.7	Submediteranska in mediteransko-montanska suha in polsuha travišča
37.3	Oligotrofni mokrotni travniki
38.2	Mezotrofni do evtrofni gojeni travniki



Podatki

Namen	Vhodni podatki	Uporaba v nalogi
Reference in validacija	Terenska kartiranja ZRSVN	Referenčni podatki (učni, validacija) - poligoni travnikov
	Vegetacijski popisi BIJH ZRC SAZU	Validacija - točkovni popisi
Satelitski podatki	Sentinel-2	Časovne vrste 2020-2024 - območje SI
	PlanetScope	Časovne vrste 2024 - izbrana območja znotraj Natura 2000
Drugi podatki o traviščih	Maska travišč	RABA 2025 in GERK 2025 in Natura 2000
	Raba travišč	DZ košnje 2017-2024, pogostost košenj
Dopolnilni prostorski podatki	Okoljski podatki	Evklidska razdalja do vodnih teles Indeks HAND Nadmorska višina, usmerjenost površja

Referenčni podatki

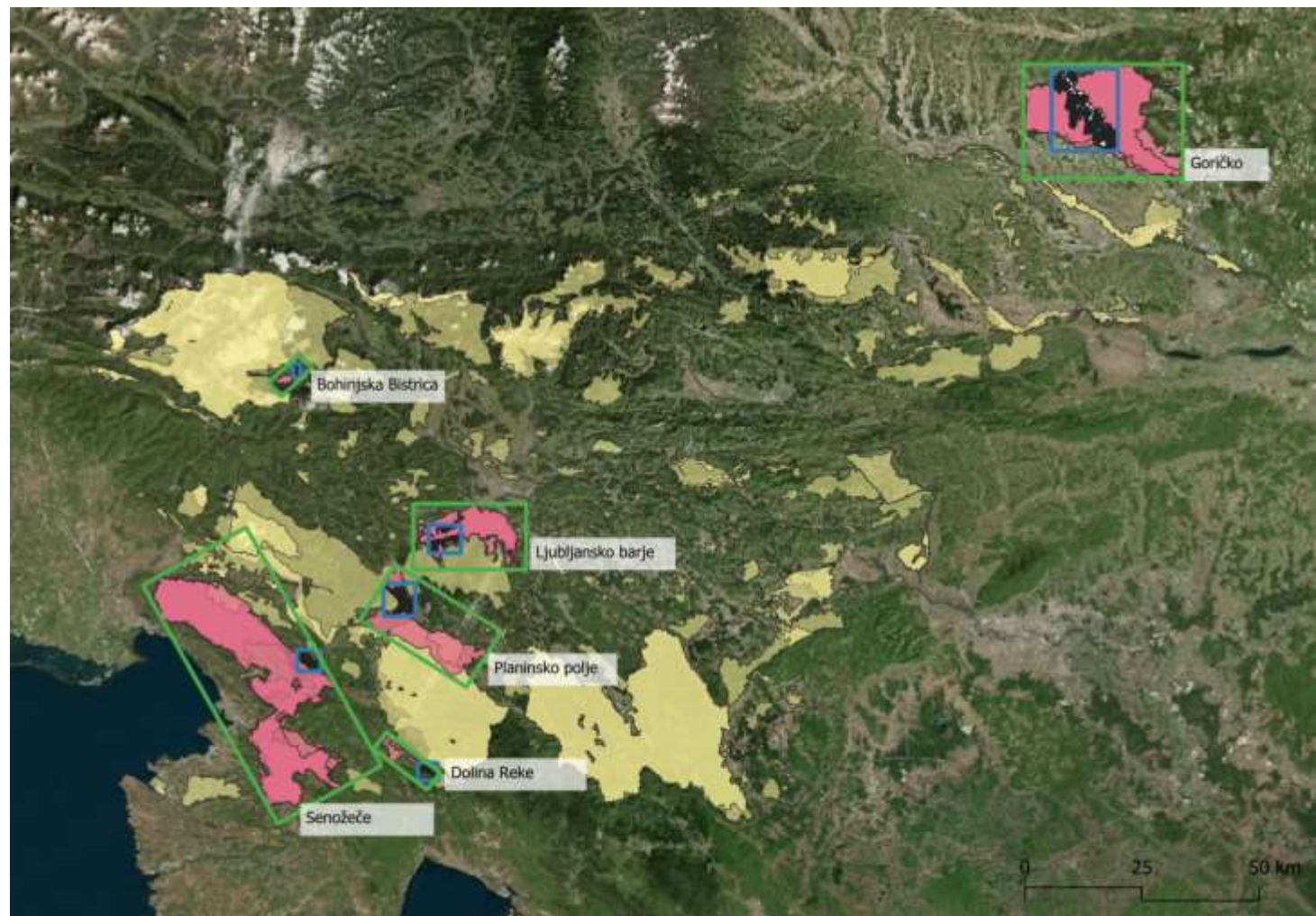
Terenska kartiranja ZRSVN

Vegetacijski popisi BIJH ZRC SAZU

Terenska kartiranja ZRSVN → območja testiranja

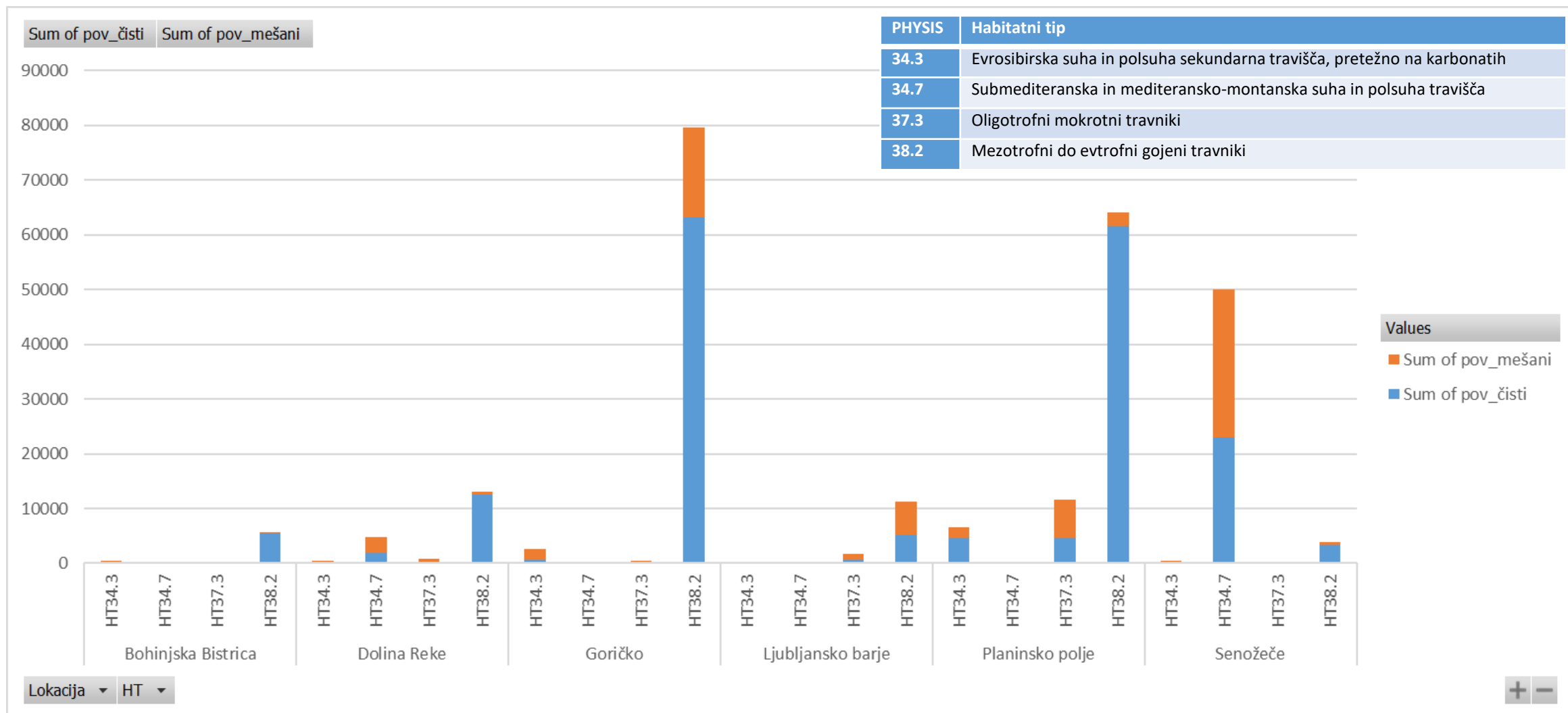
Kartiranja izvedena v obdobju zadnjih 5 let (2019-2024)

Bohinjska Bistrica	2021	2024
Dolina Reke		2024
Dravinjska dolina	2019	
Goričko	2021	2024
Gorjanci - travišča	2020	
Haloze - travišča	2020	
Knežak	2021	
Kras - Kazlje	2021	
Kum - travišča	2020	
Ličenca	2019	
Ljubljansko barje	2021	2024
Nanoščica	2021	
Osp	2021	
Planinsko polje		2023
Podkoren in Pišnica	2021	
Pohorje - travišča	2020	
Predmeja	2021	
Radensko polje	2019	
Senožeče		2024
Slovenska Istra	2019	
Stjuža	2019	
Škocjanski zatok	2020	
Volčke	2019	



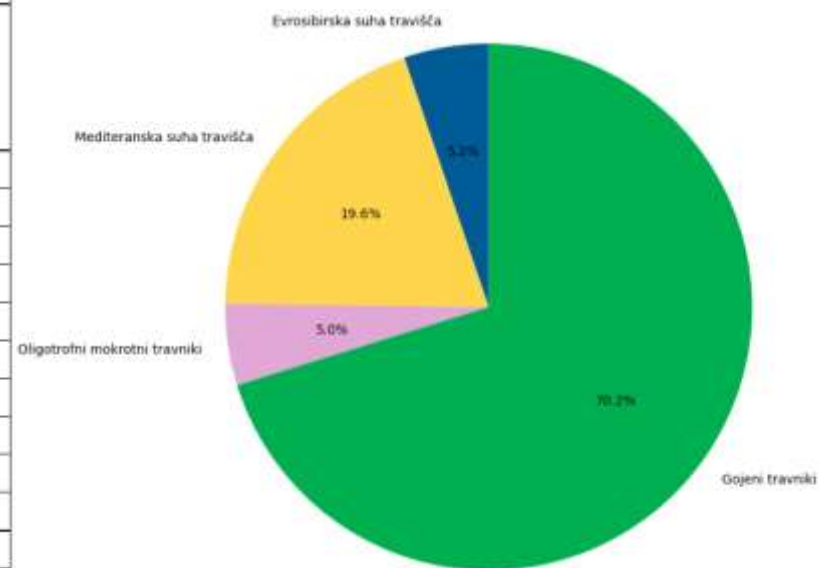
Kartiranja 2023, 2024

Referenčni podatki: pojavnost habitatnih tipov



Priprava referenčnih podatkov

Razred	4	2	3	1
Barva				
HEX koda	#005B96	#FFD54C	#E1A7D6	#00B050
RGB	(0, 91, 150)	(255, 213, 76)	(225, 167, 214)	(0, 176, 80)
HT Slovenije	34.3	34.7	37.3	38.2
Lat. ime	<i>Festuco-Brometea</i>	<i>Scorzoneretalia villosae</i>	<i>Molinion</i>	<i>Arrhenatheretalia elatioris</i>
Skrajšano ime razreda	Evrosibirska suha travišča	Mediterska suha travišča	Oligotrofni mokrotni travniki	Gojeni travniki
Ime razreda	Evrosibirska suha in polsuha sekundarna travišča, pretežno na karbonatih	Submediteranska in mediteransko-montanska suha in polsuha travišča	Oligotrofni mokrotni travniki	Mezotrofni do evtotrofni gojeni travniki
Pripadajoči podrazredi	'34.322-S3',	'34.753'	'37.313'	'38.221'
	'34.323'	'34.7531-S2'	'37.3111'	'38.222'
	'34.322'	'34.7521-S2'	'37.3116-S1'	'38.2221-S1'
	'34.322-S2'	'34.752'	'37.3124'	'38.2222-S2'
	'34.32'	'34.7531-S1'	'37.313-S1'	'38.2222-S1'
		'34.7521-S1'	'37.313-S2'	'38.222-S2'
			'37.311'	'38.22'
			'37.3'	
			'37.312'	
		'37.31'		
Število pikslov	8160	30534	7738	109269
Delež	5,2 %	19,6 %	5 %	70,2 %



Priprava vzorcev za učenje

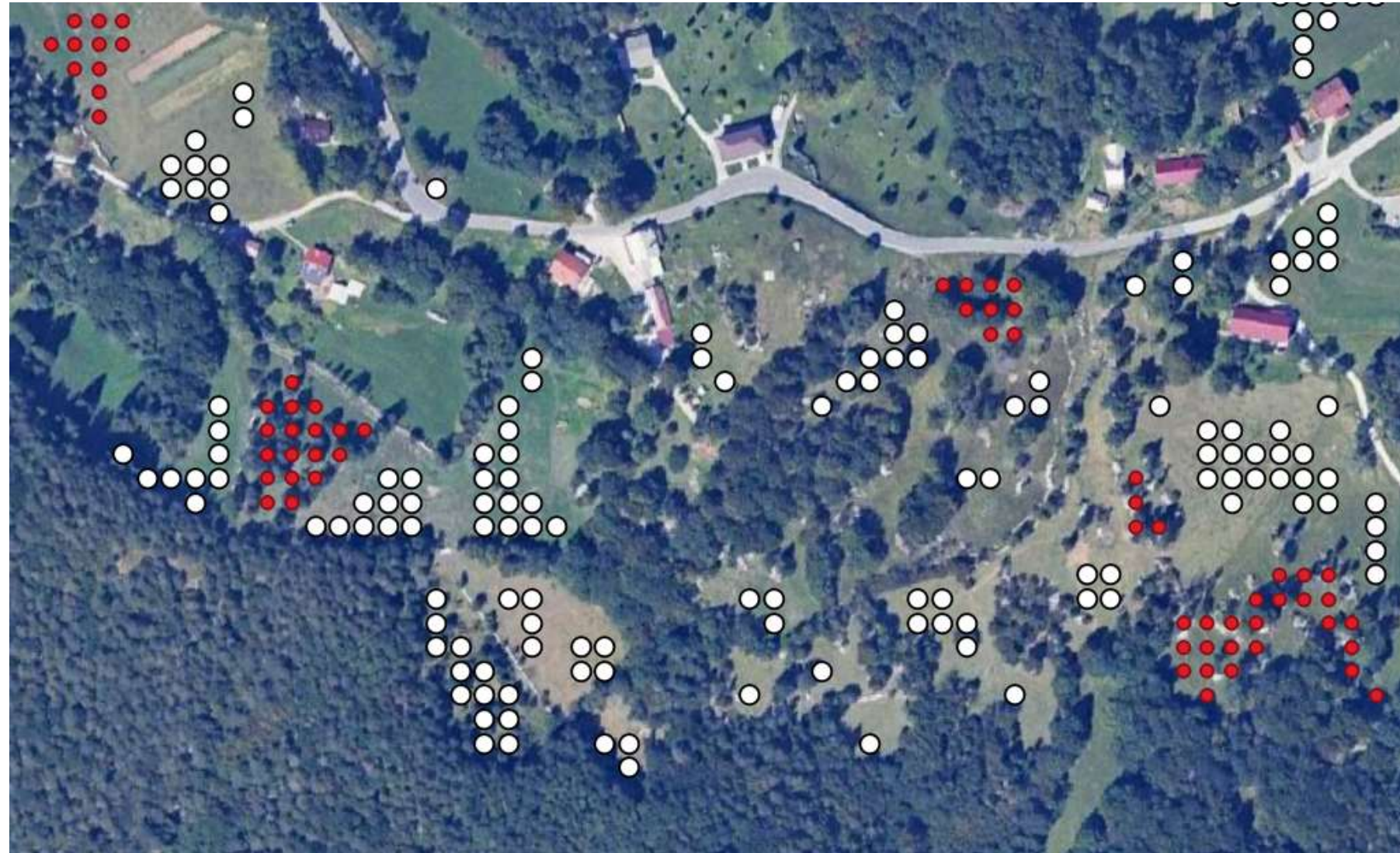
Iz analize izločeni:

- 'GOZD', '82.11', '87.2', '81.1', '85.31', '44.12', '86.2', '87.1',
- '83.211', '84.2', '41.111', '83.151', '85.12', '37.21', '83.15', '83.22',
- '87.2-S12', '35.12', '83.21', '44.91', '44.3', '31.86', '86.6', '31.871', '85.3',
- '44.2', '31.8121', '82.12', '53.21', '86', '38.11', '83.31', '83.311', '31.8D',
- '83.324', '31.8F'

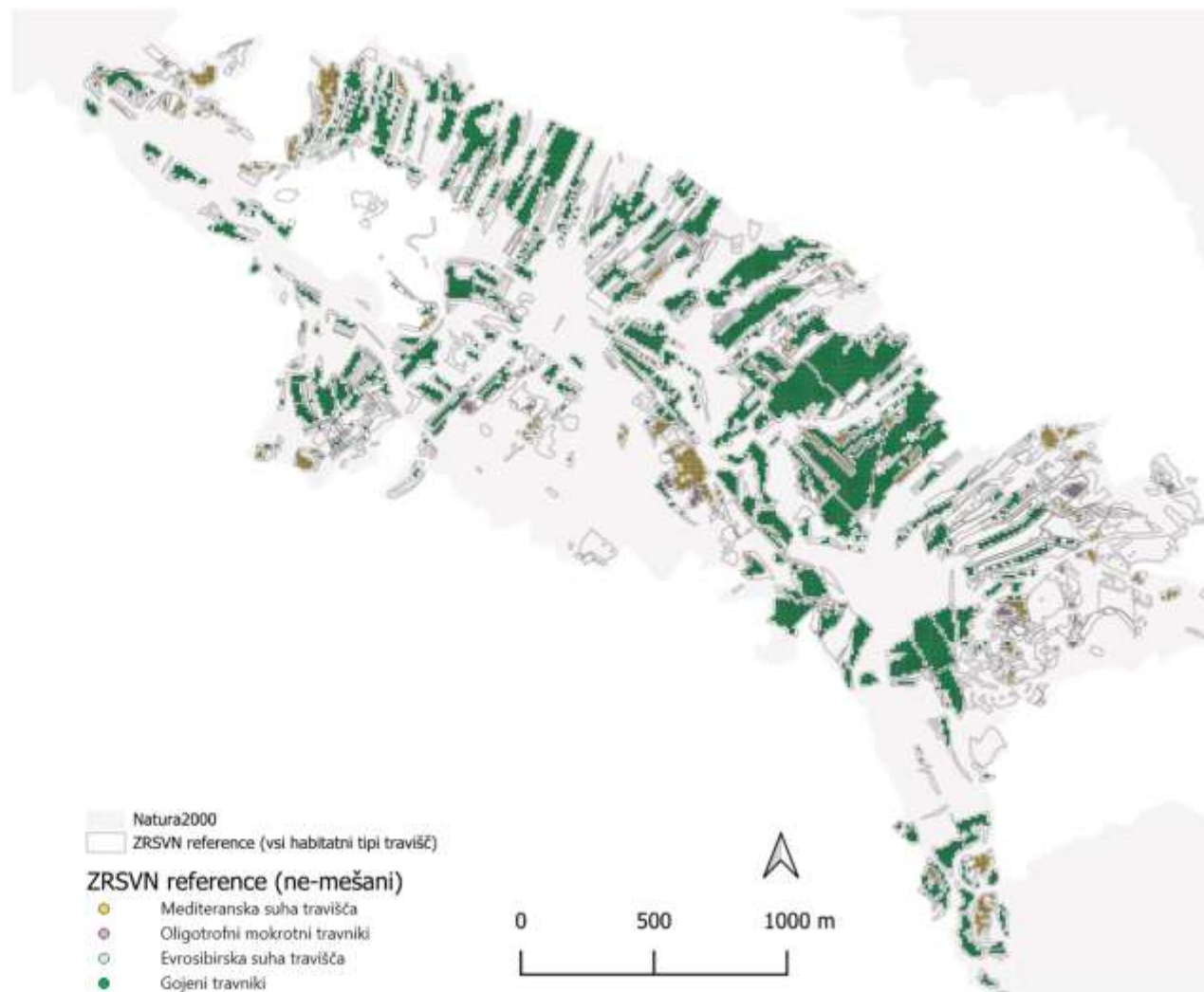
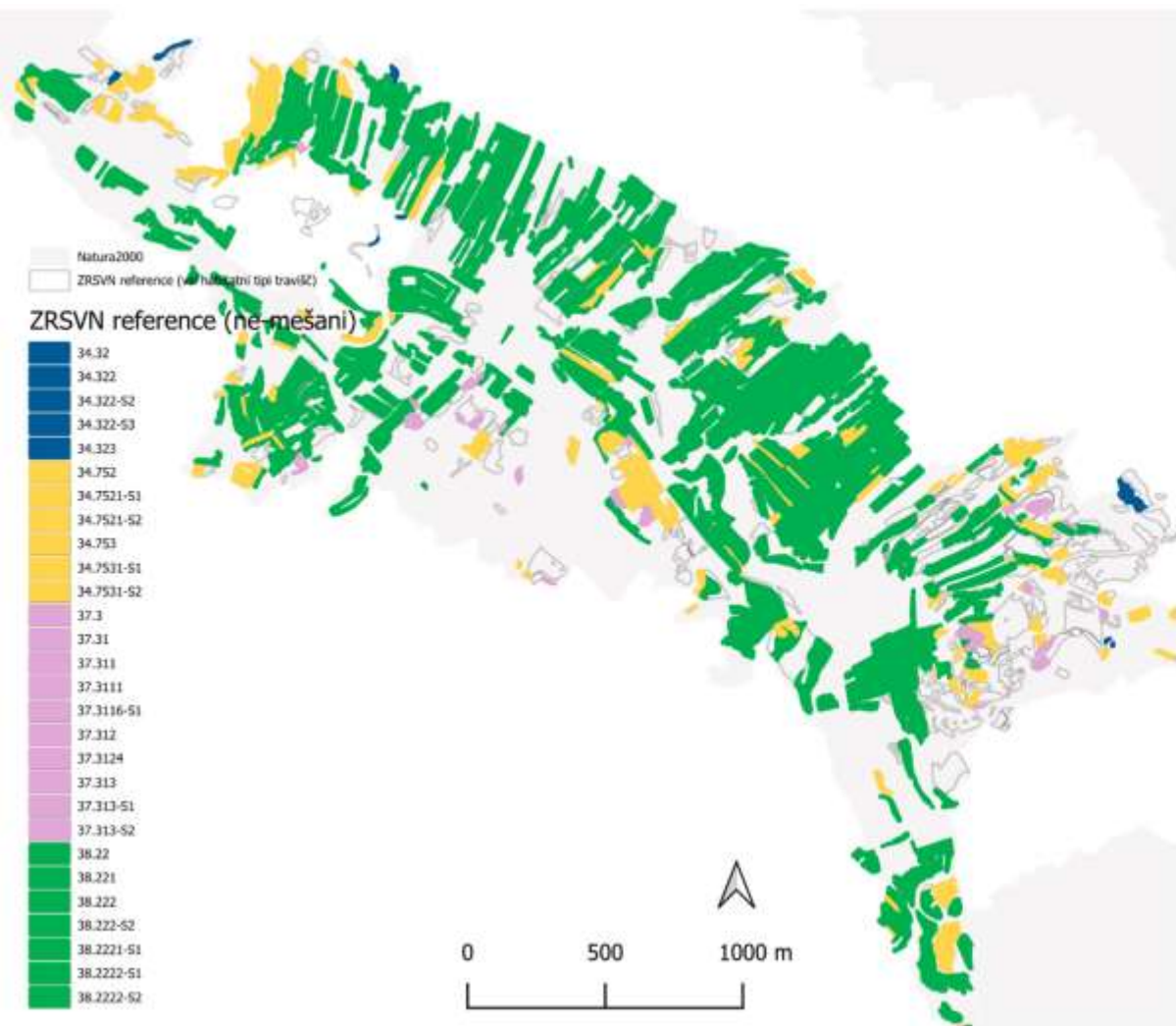
Dodatno izločimo mešane HT (rdeče pike)

Upoštevamo notranji varnosti rob poligona

Povežemo na lokacijo S-2 piksla



Le ne-mešani HT



Satelitski podatki

- Sentinel-2 časovne vrste
 - obdobje **2020 – 2024**
 - območje Slovenija
 - po postopku SentinelHub (eo-patch), vključuje maskiranje oblakov
 - 10 in 20 m prostorska ločljivost
 - 13 spektralnih kanalov in vegetacijski indeksi
- PlanetScope časovne vrste
 - za leto **2024**
 - 5 manjših izbranih območij znotraj Natura 2000 in recentnih kartiranj
 - po postopku Planet in lastna procedura (.tif), vključuje maskiranje oblakov
 - 3-5 m prostorska ločljivost
 - 8 spektralnih kanalov

Bing aerial



Postopek s Sentinel-2 časovno vrsto

Učni podatki, ref. točke



Klasifikacija modela LGBM*



Kartiranje ZRSVN



*vsa ne-gozdna območja

Analiza časovnih vrst

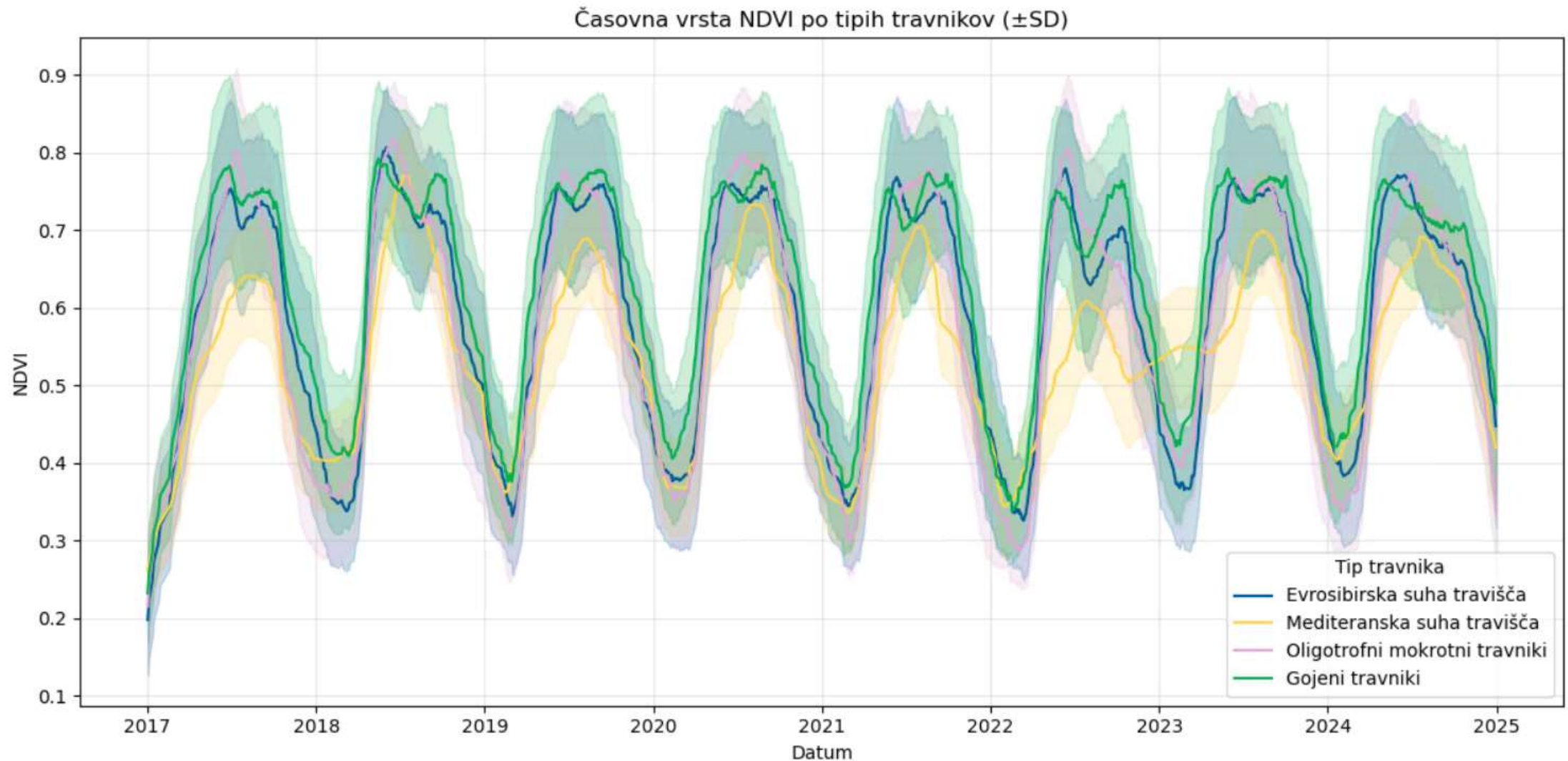
in

Strojno učenje

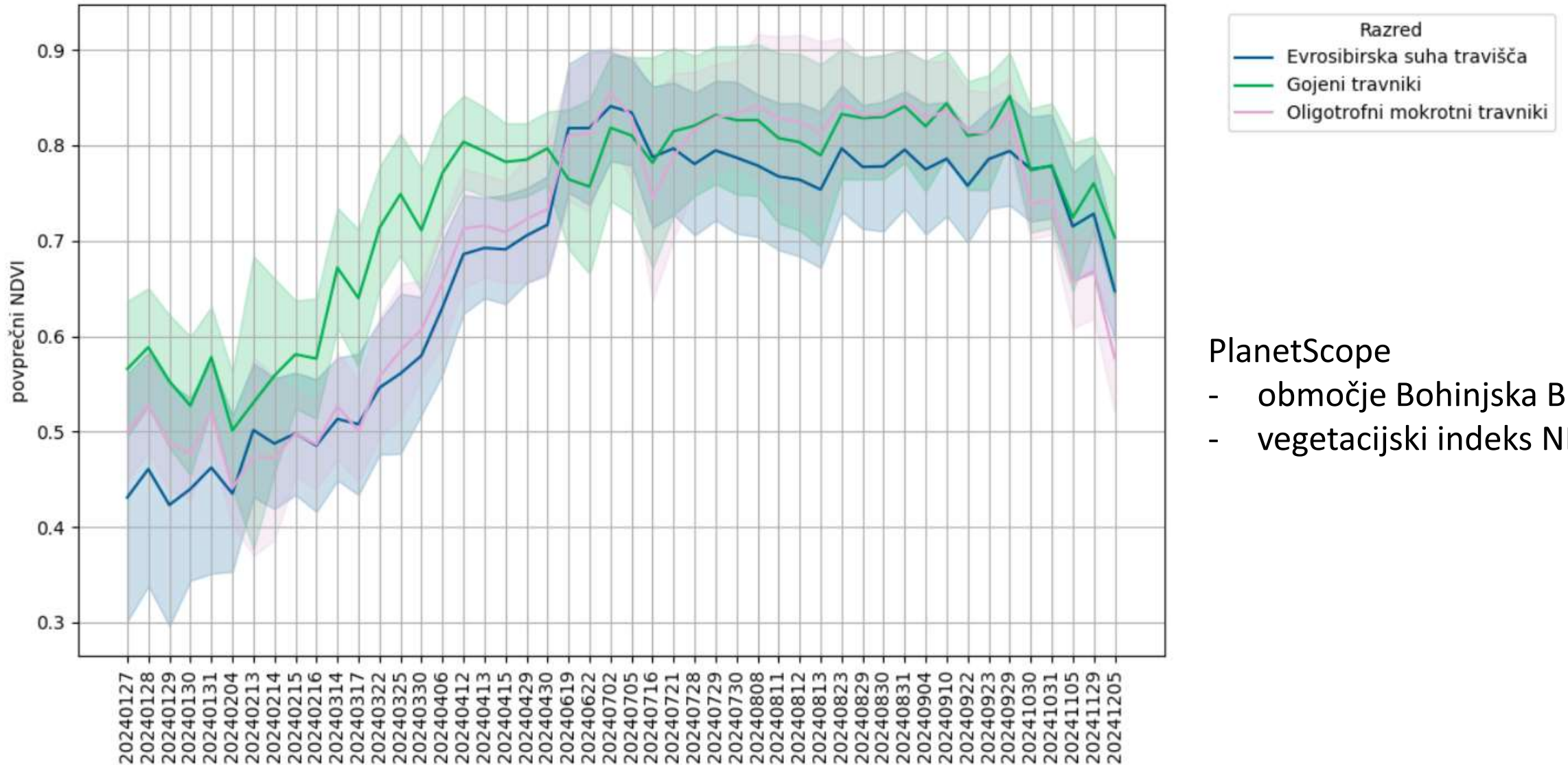
LightGBM

Random Forest

Vegetacijski kazalniki in značilnosti habitatnih tipov v medletnem razvoju



Značilnosti habitatnih tipov v letnem razvoju

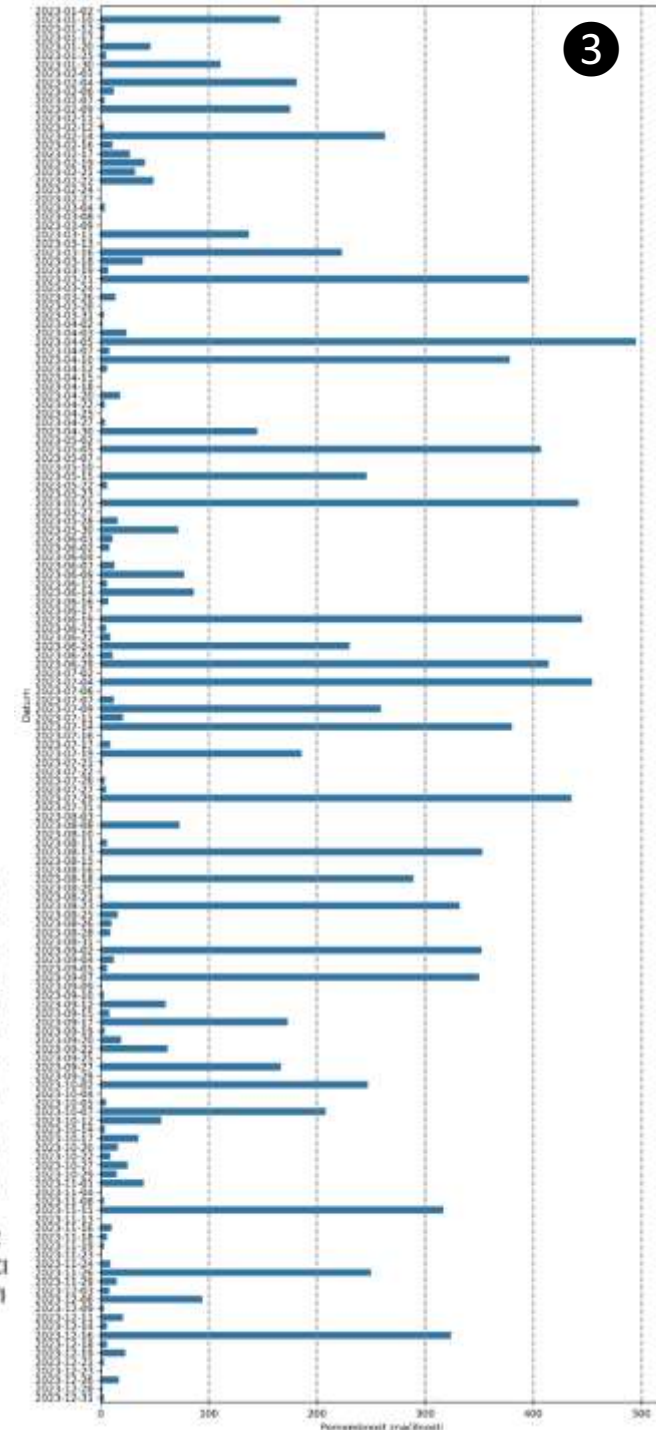
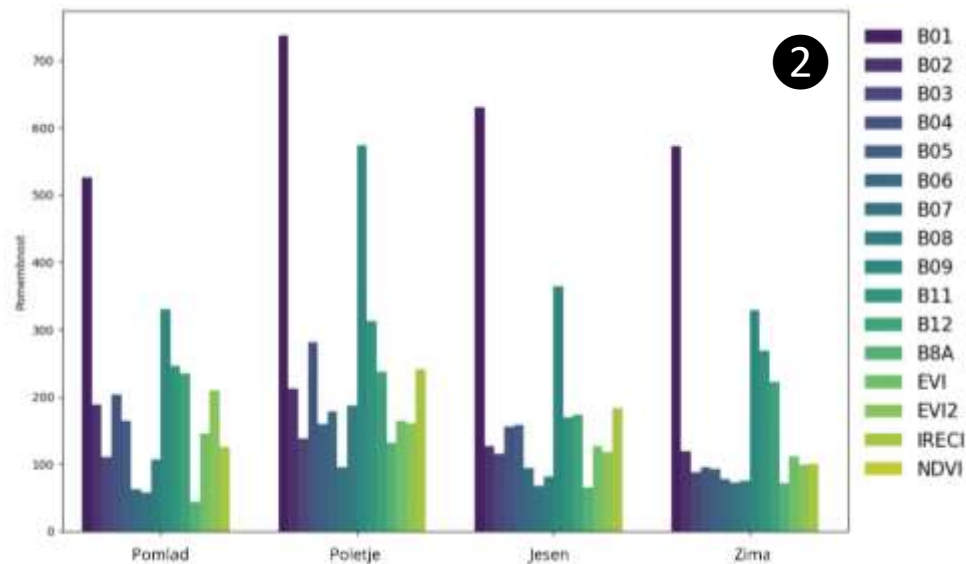
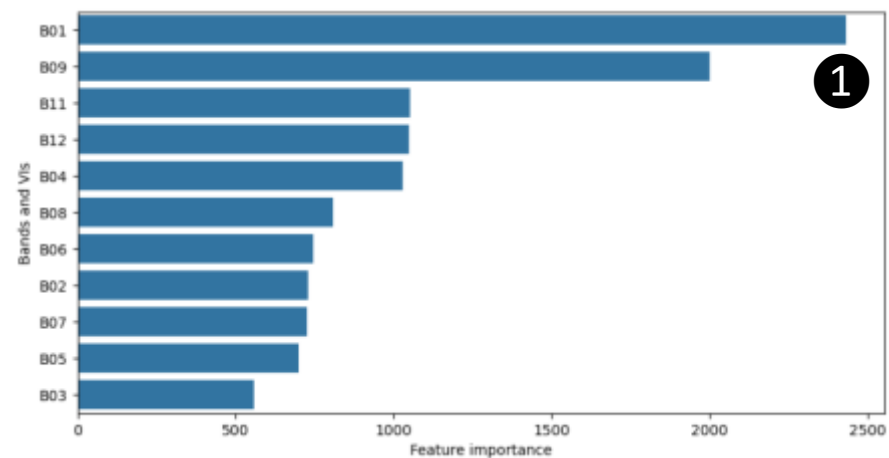


PlanetScope

- območje Bohinjska Bistrica
- vegetacijski indeks NDVI

Ekstrakcija značilk

- 1 pomembnost vlog spektralnih kanalov v modelu strojnega učenja
- 2 vpliv letnih časov in spektralnega prostora
- 3 vloga datuma zajema satelitskih posnetkov



Rezultati

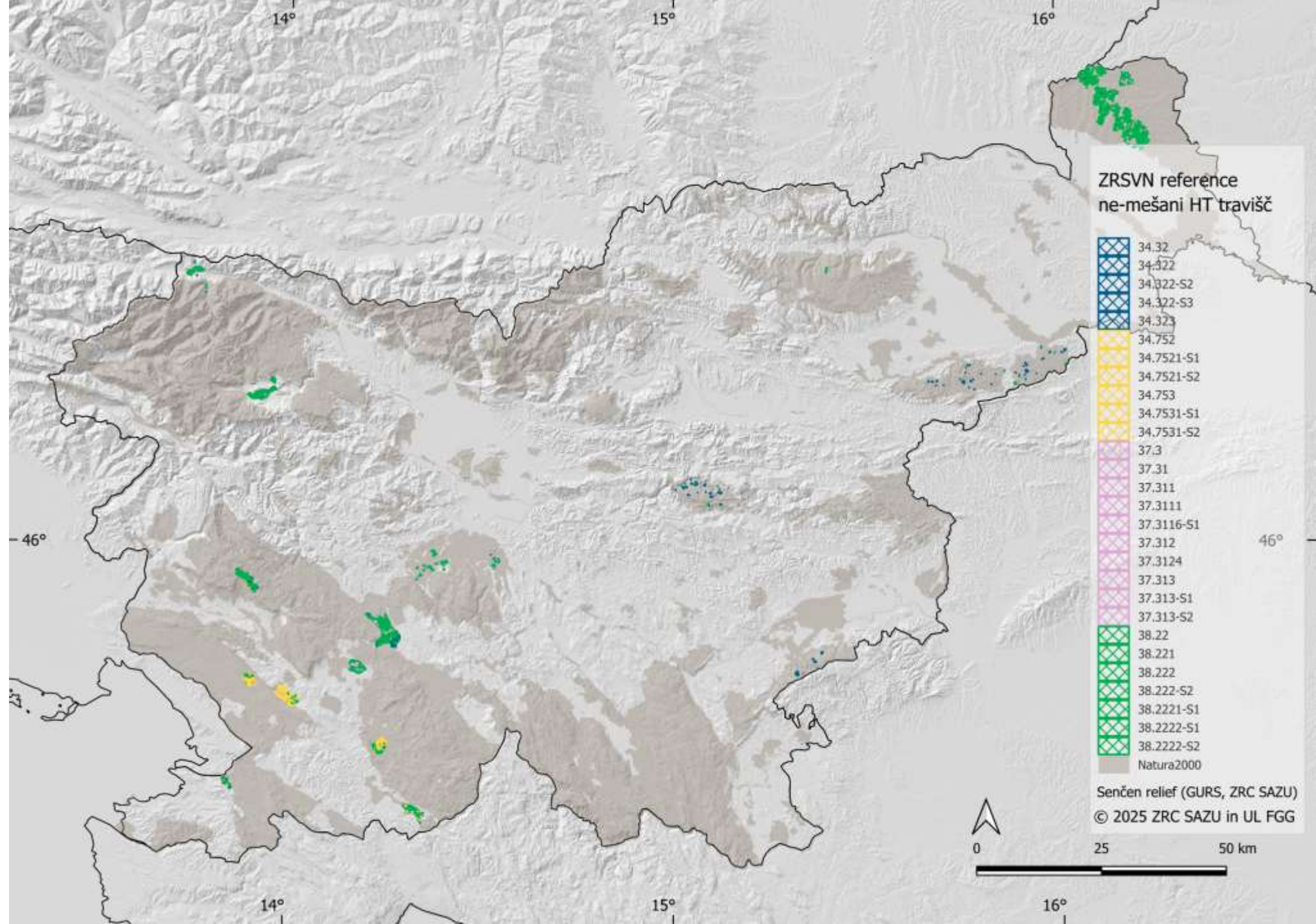
Sentinel-2: Kartiranja HT ET na območju Slovenije

PlanetScope & Sentinel-2: Kartiranja na izbranih območjih in primerjava

Dodatni prostorski podatki: vpliv na izboljšave kartiranja

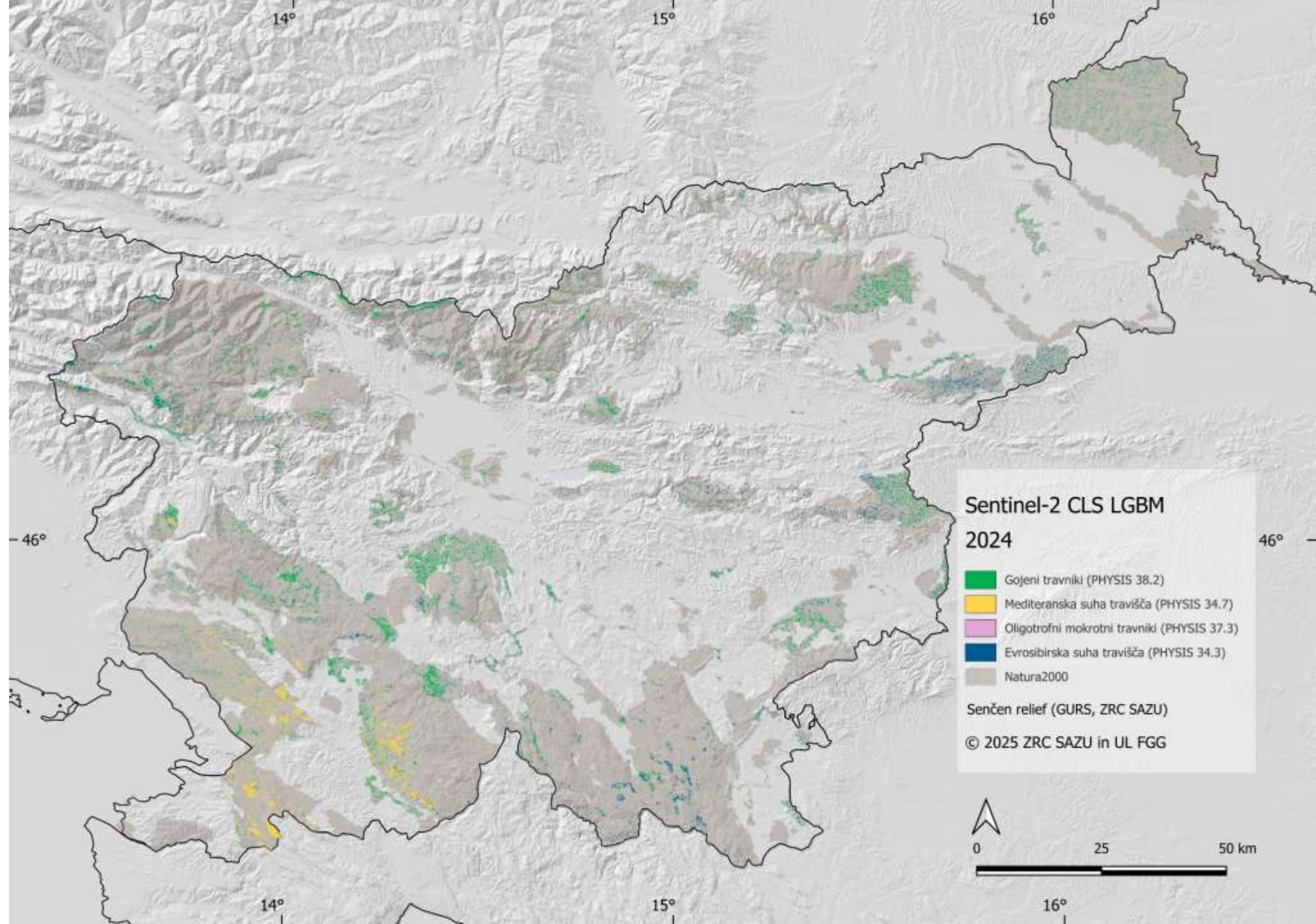
Letna
kartiranja
HT ET

- reference



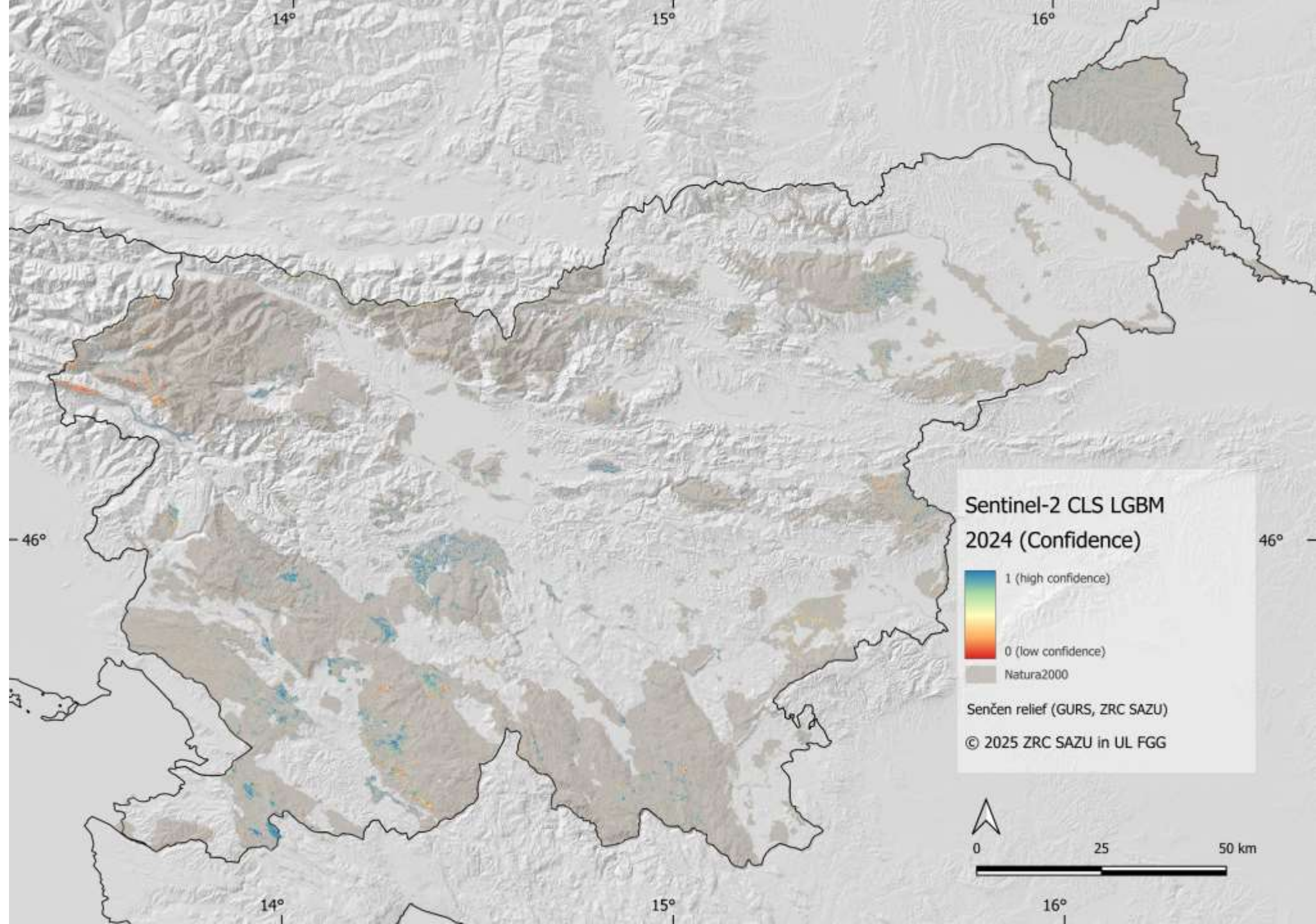
Letna
kartiranja
HT ET

- klasifikacija
- 2024



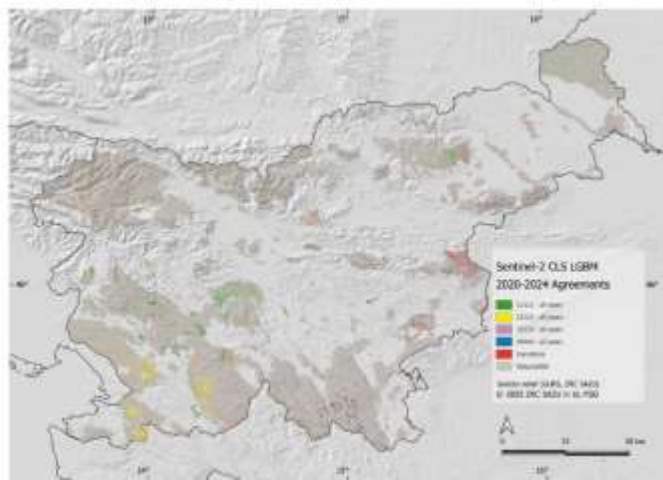
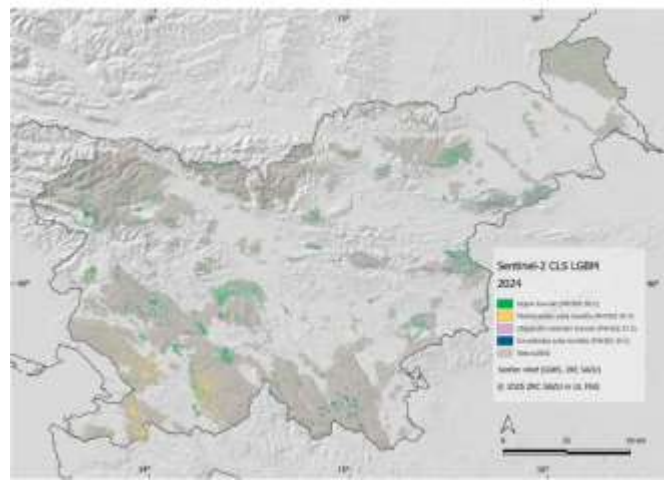
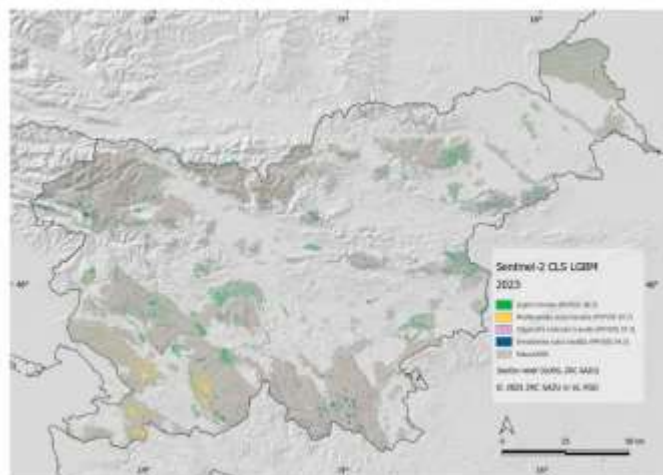
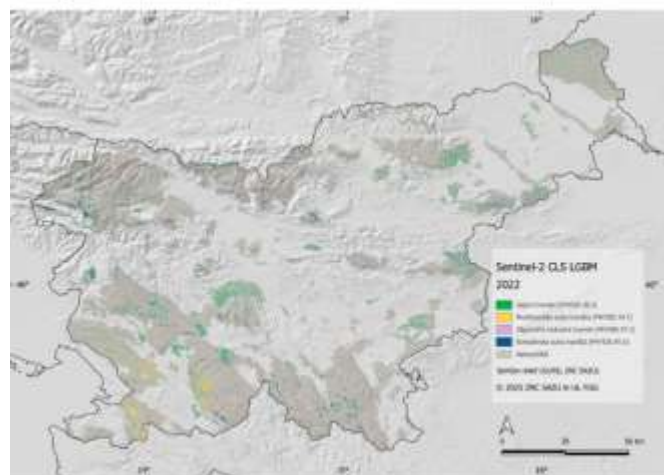
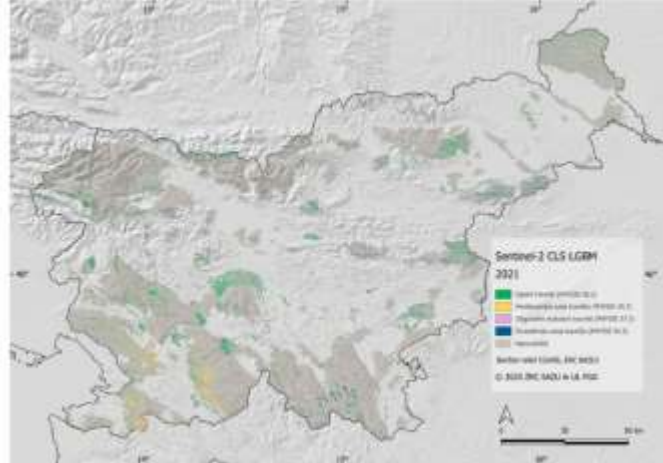
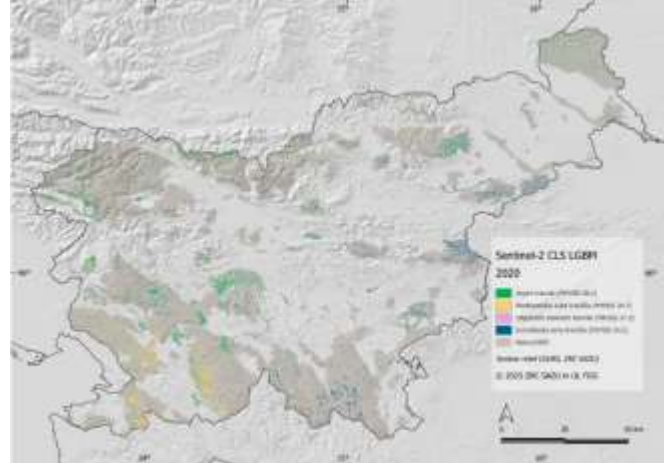
Letna
kartiranja
HT ET

- zaupanje
- 2024



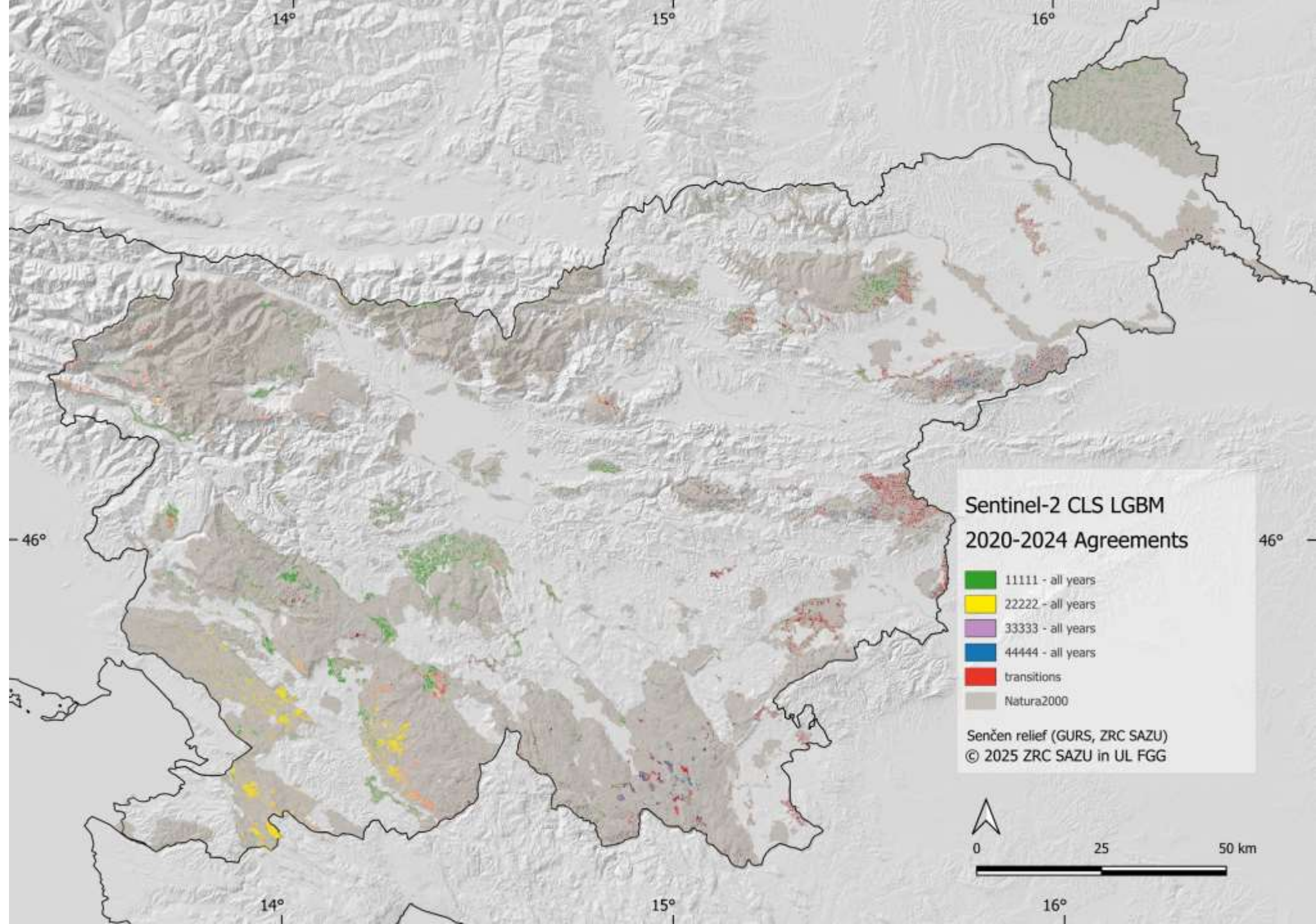
Letna kartiranja HT ET

- 2020-2024



Letna
kartiranja
HT ET

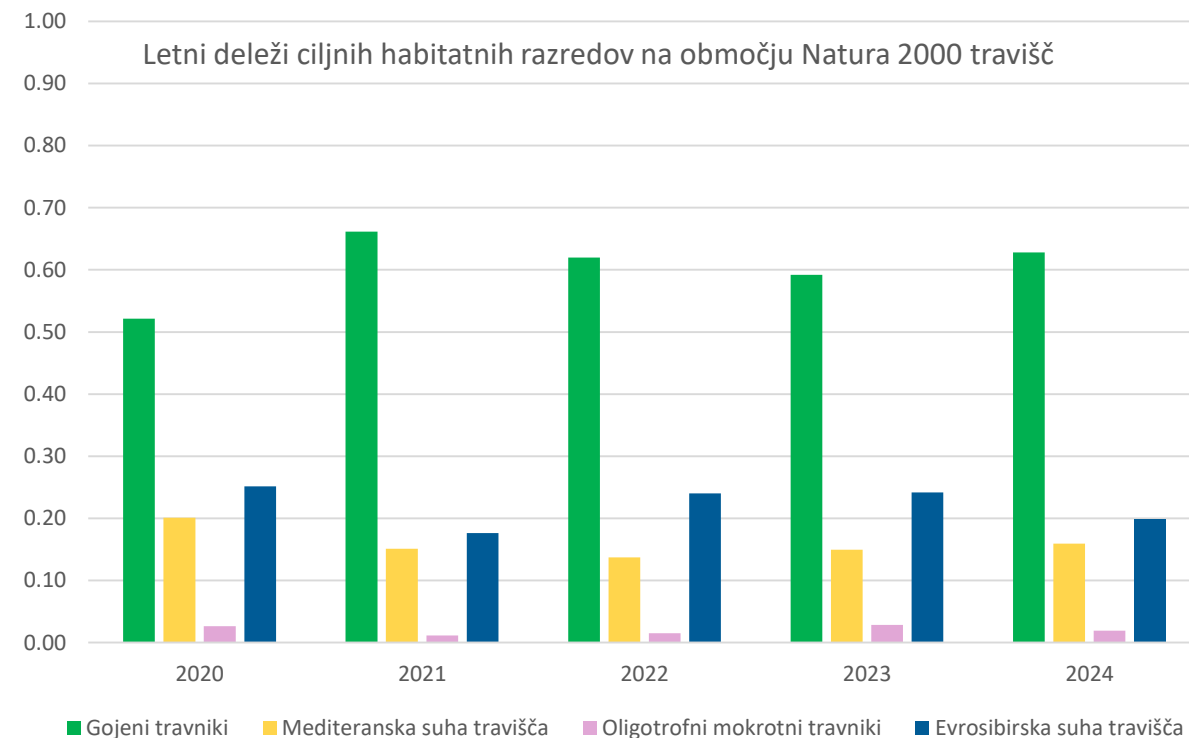
- ujemanje
- 2020-2024



Medletna primerjava (Sentinel-2, SI Natura 2000)

Travniški tip	2020 [%]	2021 [%]	2022 [%]	2023 [%]	2024 [%]
Gojeni travniki	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0
Mediterska suha travišča	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Oligotrofni mokrotni travniki	98,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Evrosibirska suha travišča	97,0	98,0	98,0	98,0	98,0
OA*	98,0	98,5	98,5	98,5	98,5

*Overall accuracy / Skupna natančnost



2020-2024

Gojeni travniki

Mediterska suha travišča

Oligotrofni mokrotni travniki

Evrosibirska suha travišča

Mean[%] STD

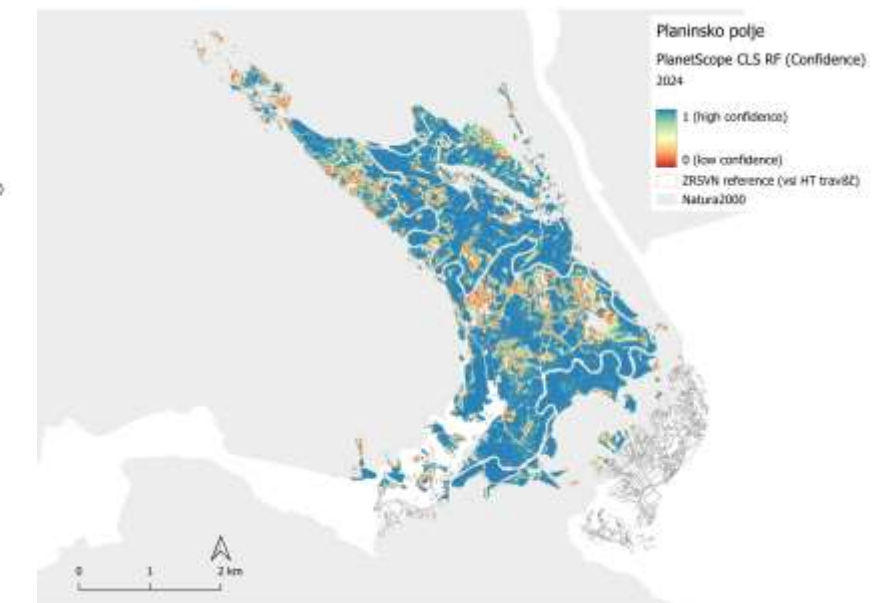
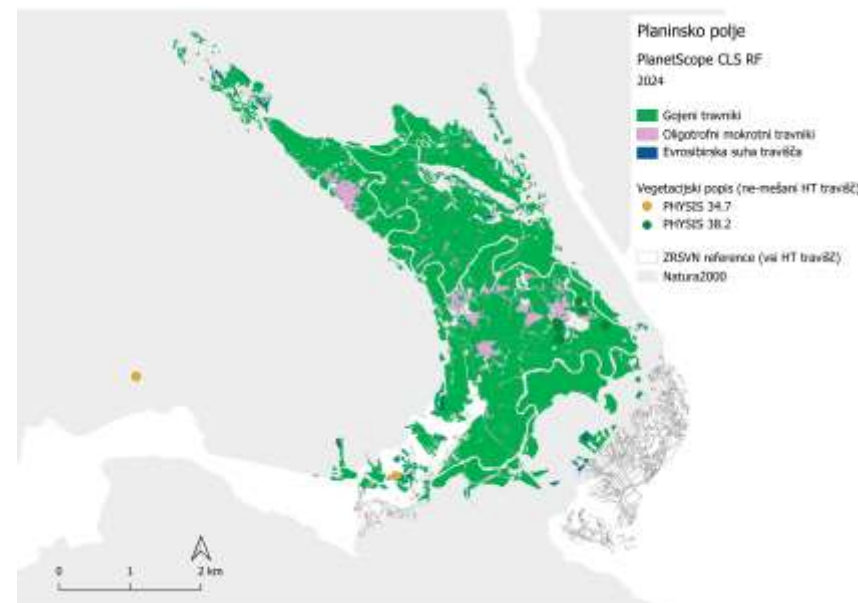
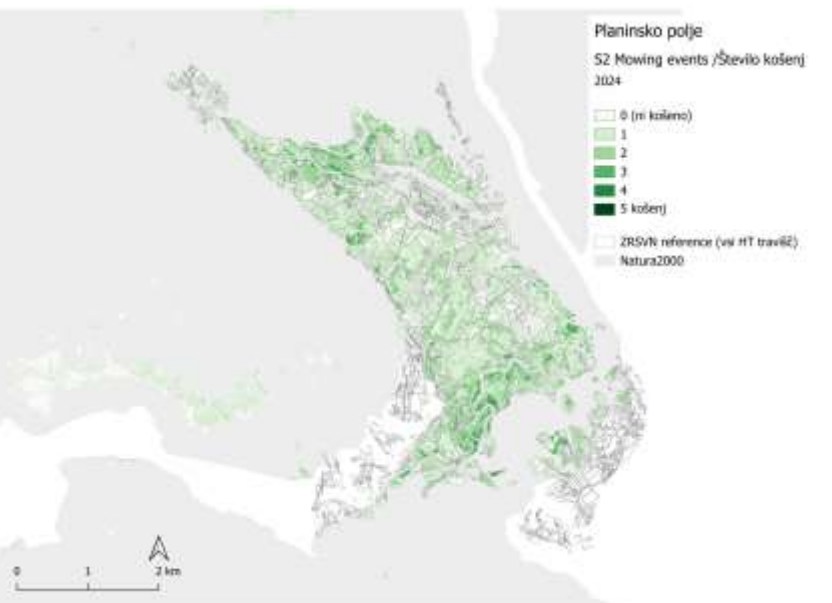
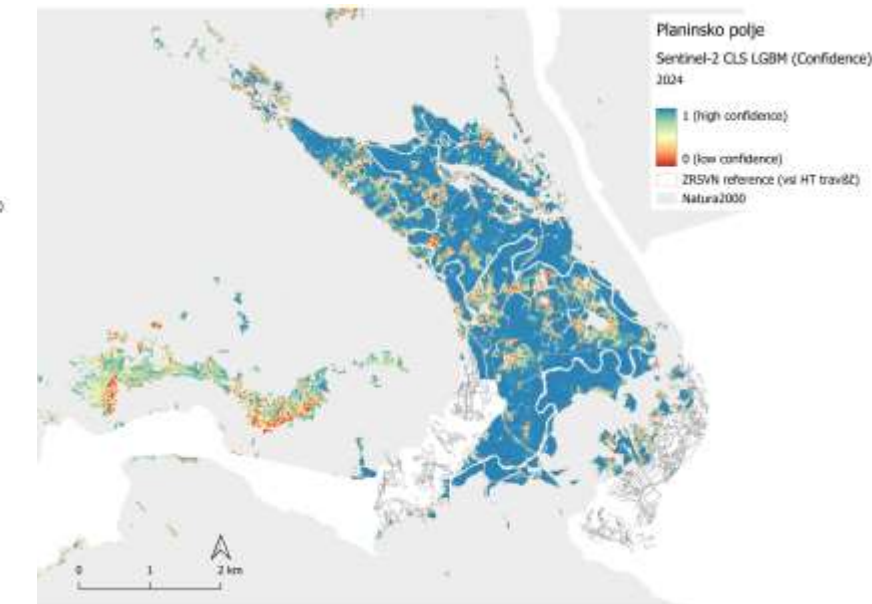
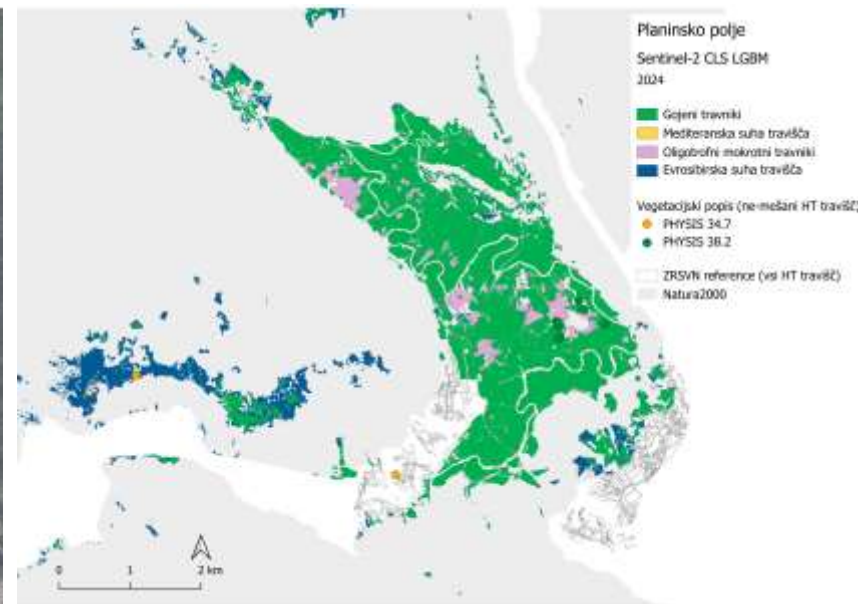
60 0.05

16 0.02

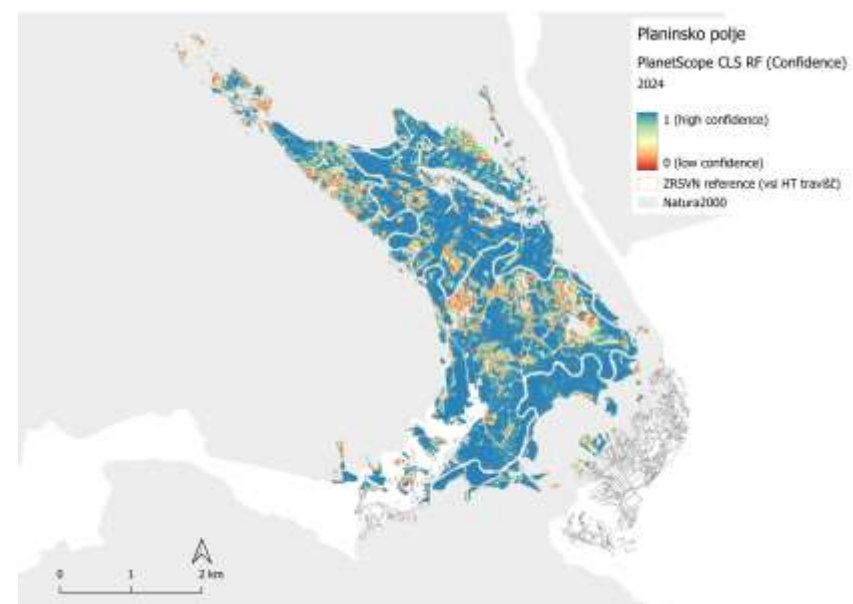
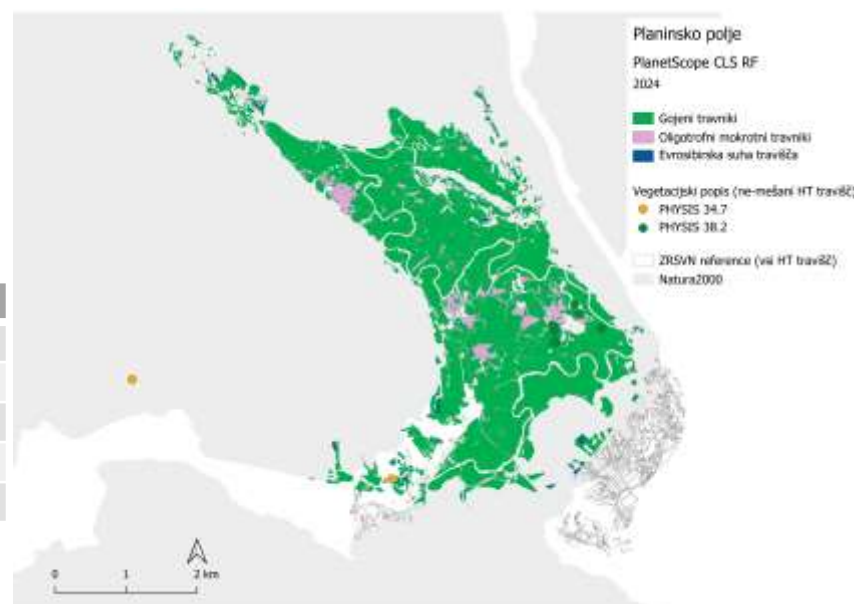
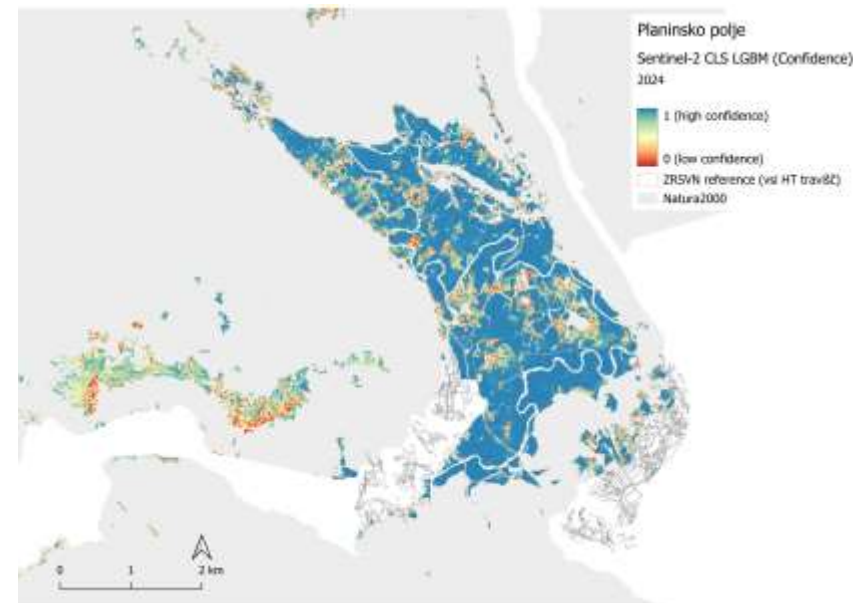
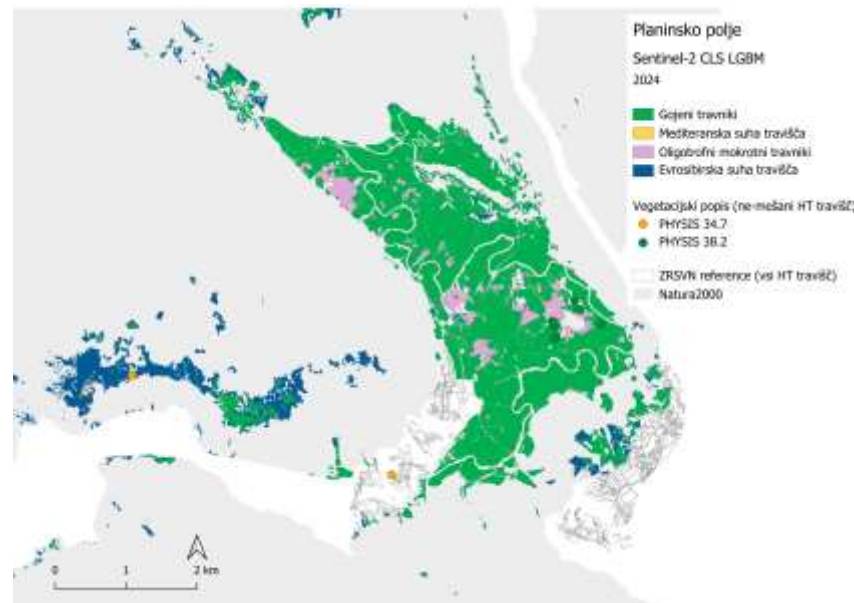
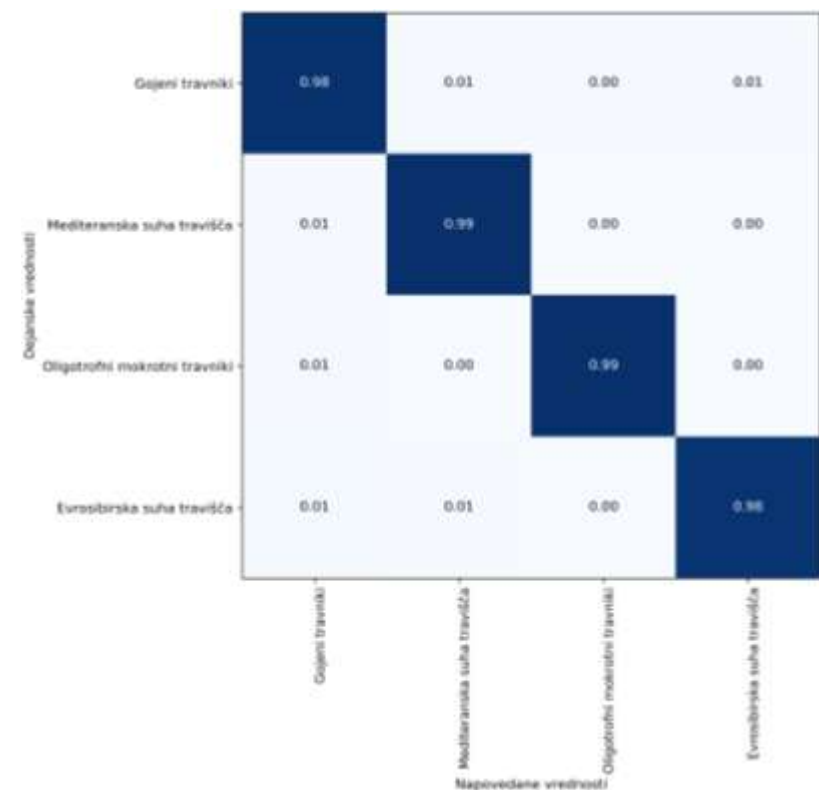
2 0.01

22 0.03

PlanetScope & Sentinel-2: Planinsko polje



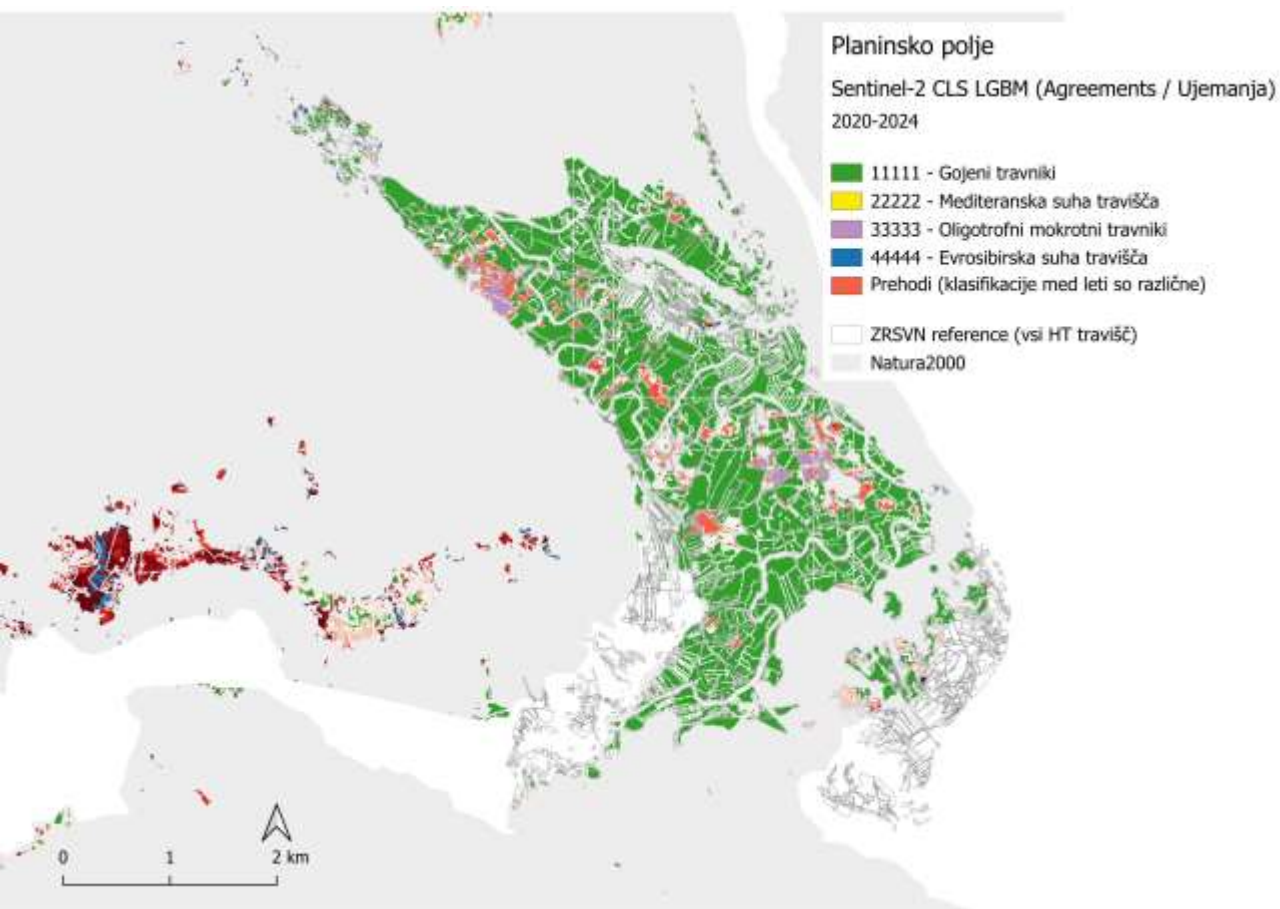
PlanetScope & Sentinel-2: Planinsko polje



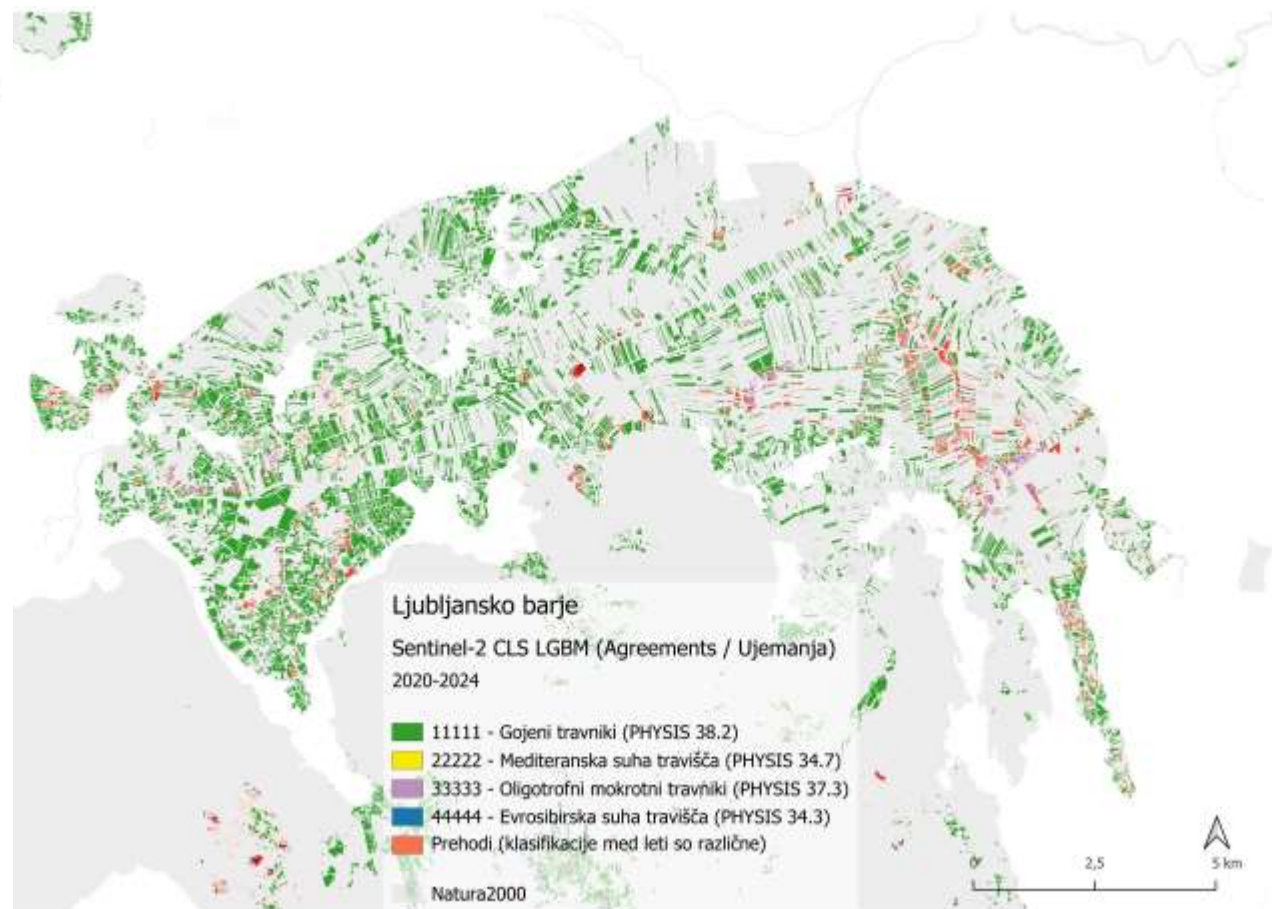
Razred (RF CLS)	Natančnost	Priklic	Mera F1	Support
Evrosibirska suha travišča	90,0	85,0	71,0	105
Gojeni travniki	98,0	100,0	99,0	8449
Oligotrofni mokrotni travniki	94,0	75,0	84,0	598
Povprečje	94,0	78,0	84,0	—
Povprečje (uteženo)	97,0	98,0	97,0	—

Medletna ujemanja: Sentinel-2

Planinsko polje



Ljubljansko barje

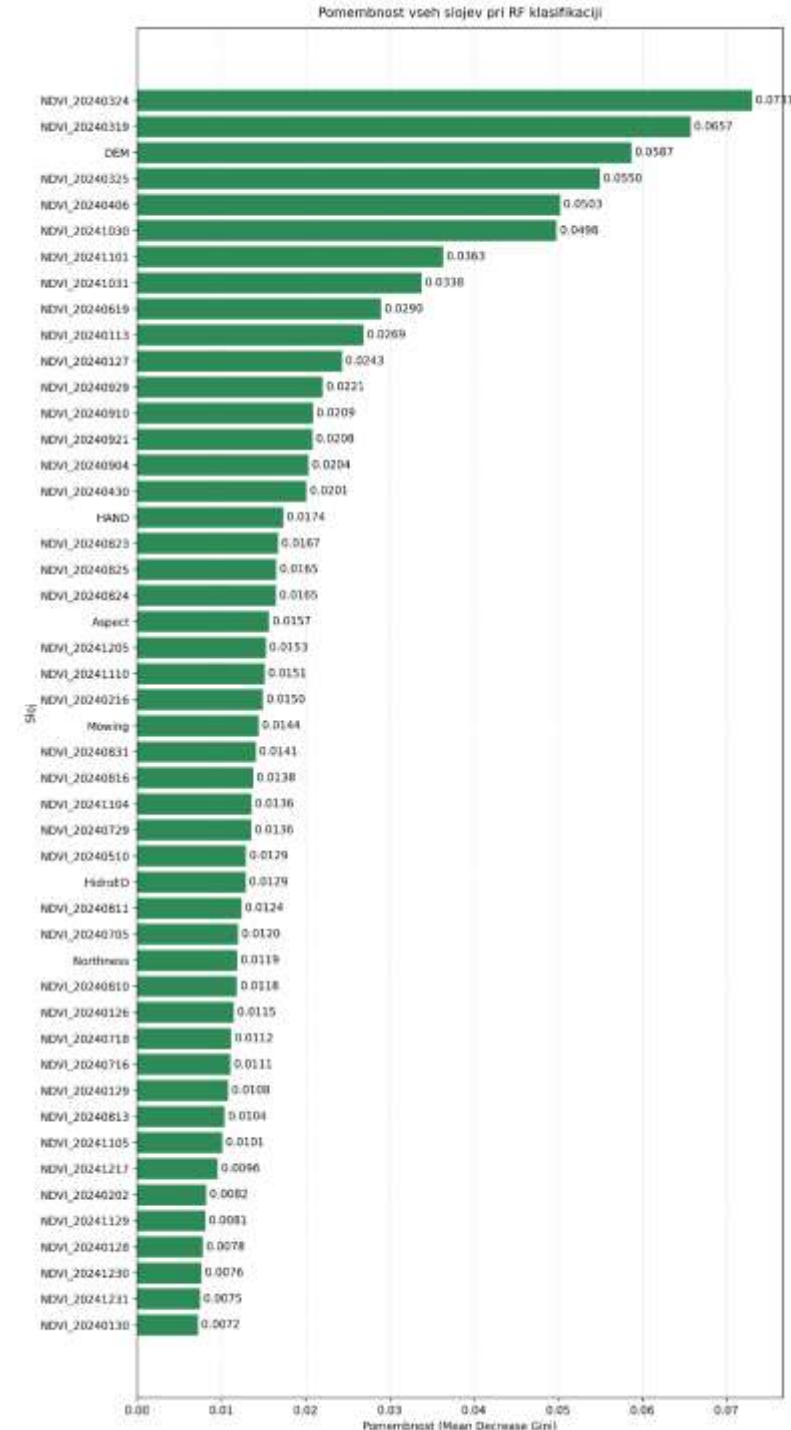
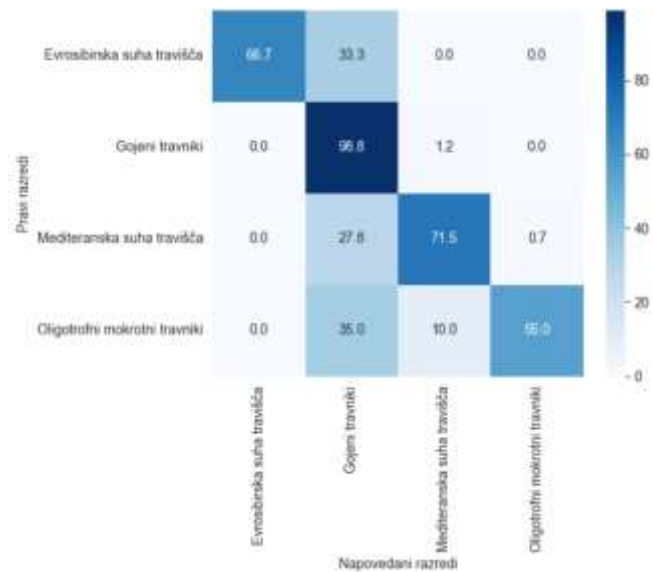


Dodatni prostorski podatki: Dolina Reke

1 samo satelitski podatki

Razred	Natančnost	Priklic	Mera F1	Support*
Evrosibirska suha travišča	1.00	0.67	0.80	3
Gojeni travniki	0.96	0.99	0.98	1360
Meditranska suha travišča	0.86	0.72	0.78	151
Oligotrofni mokrotni travniki	0.92	0.55	0.69	20
Povprečje (macro)	0.93	0.73	0.81	—
Povprečje (uteženo)	0.95	0.96	0.95	—

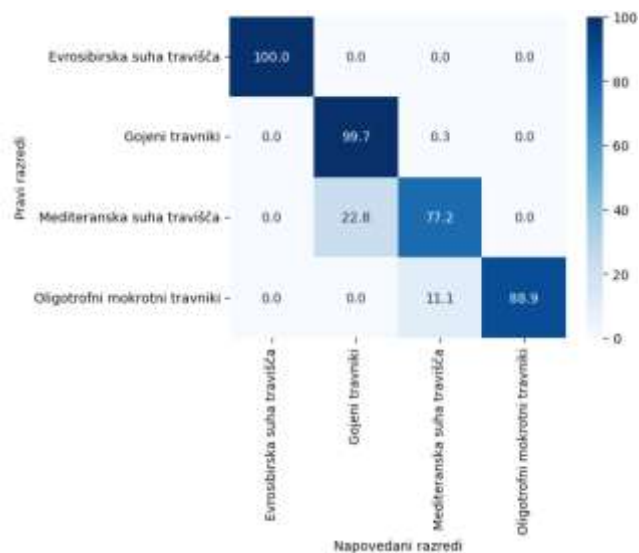
*Število dejanskih vzorcev (primerov) posameznega razreda v testnem naboru podatkov.



Izboljšanje delnih zamenjav razredov !

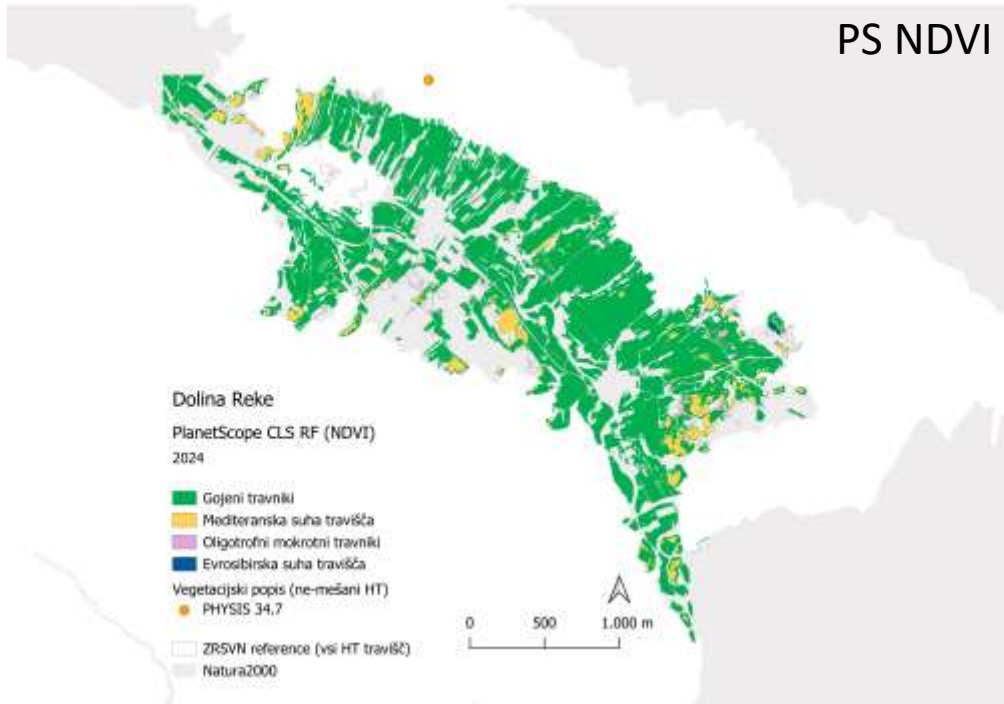
2 dodani tudi okoljski podatki

Razred	Natančnost	Priklic	Mera F1	Support
Evrosibirska suha travišča	1.00	1.00	1.00	3
Gojeni travniki	0.98	1.00	0.99	1929
Meditranska suha travišča	0.95	0.77	0.85	215
Oligotrofni mokrotni travniki	1.00	0.89	0.94	27
Povprečje (macro avg)	0.98	0.91	0.95	—
Povprečje (uteženo avg)	0.97	0.97	0.97	—

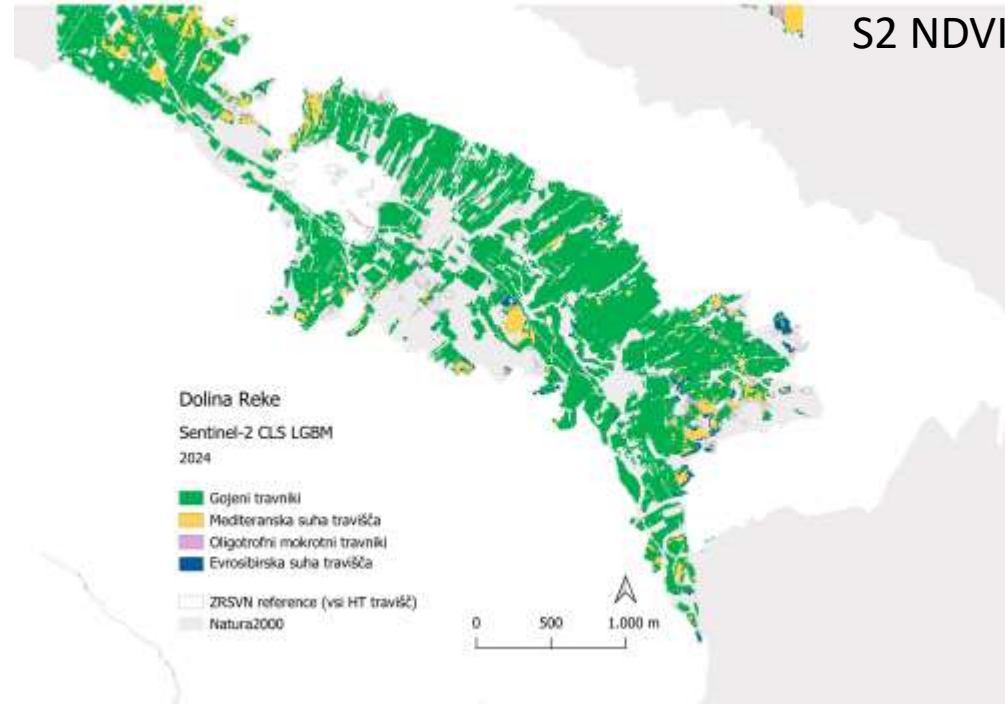


Dodatni podatki (okolje, raba)

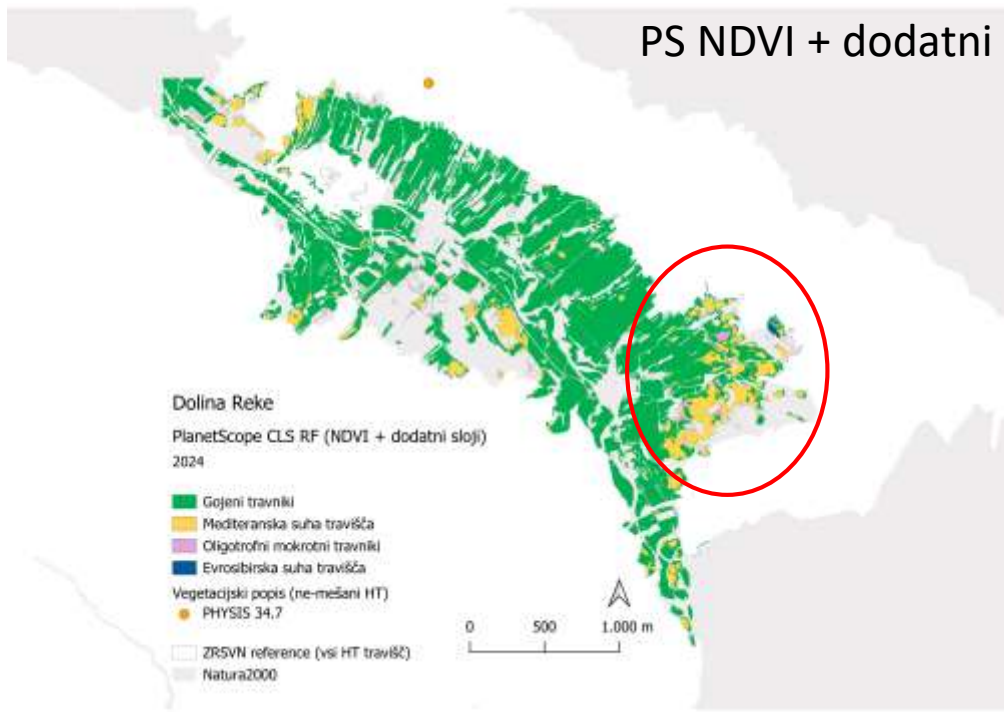
PS NDVI



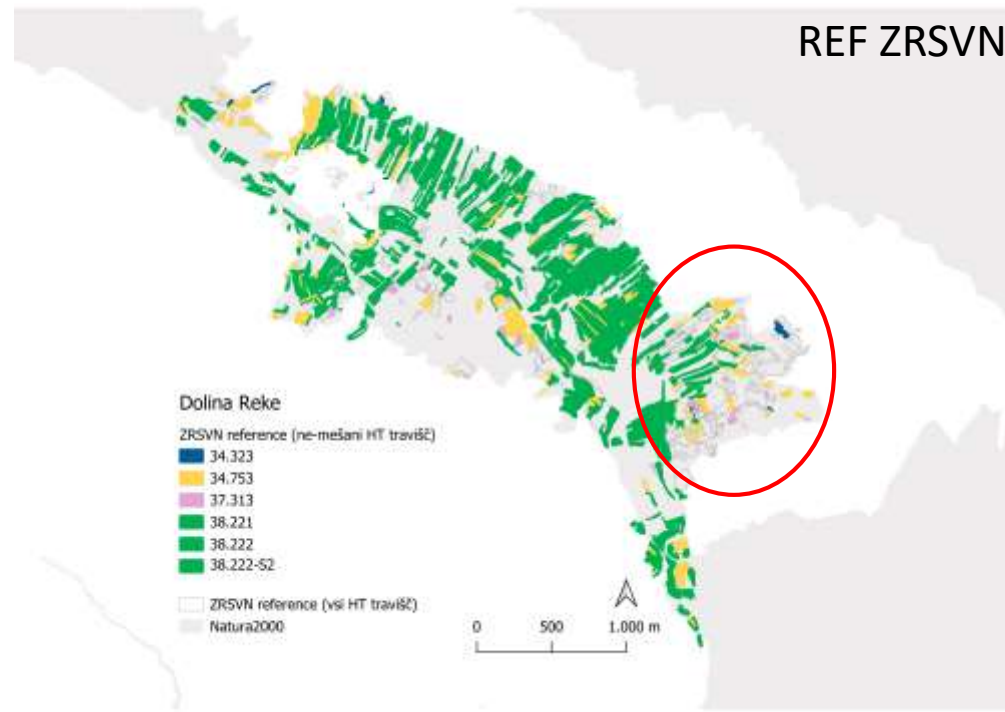
S2 NDVI



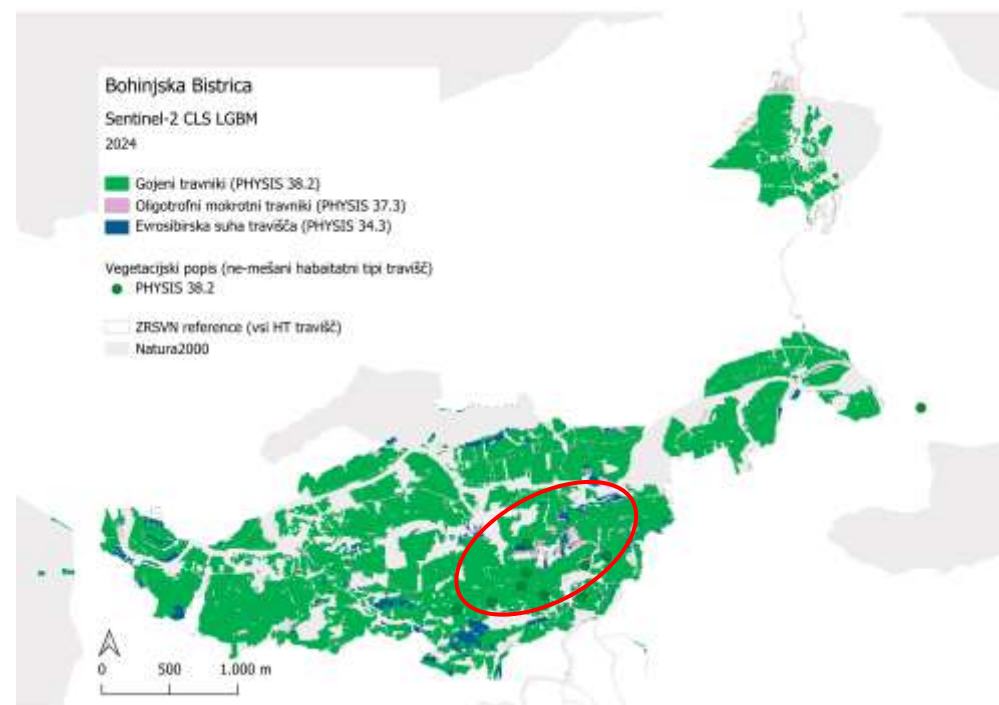
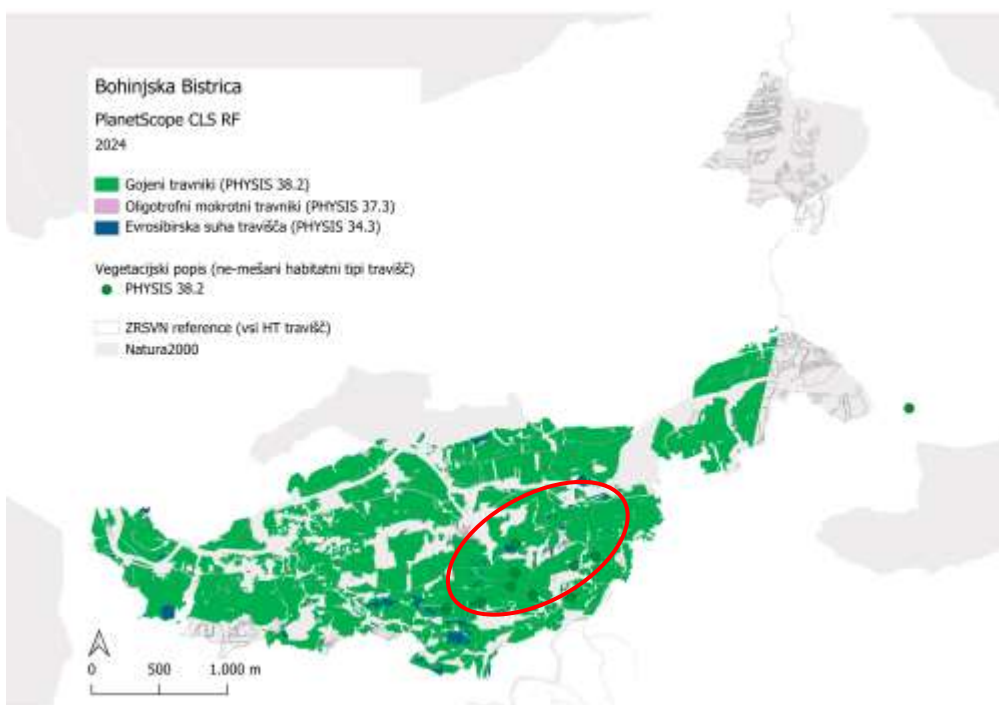
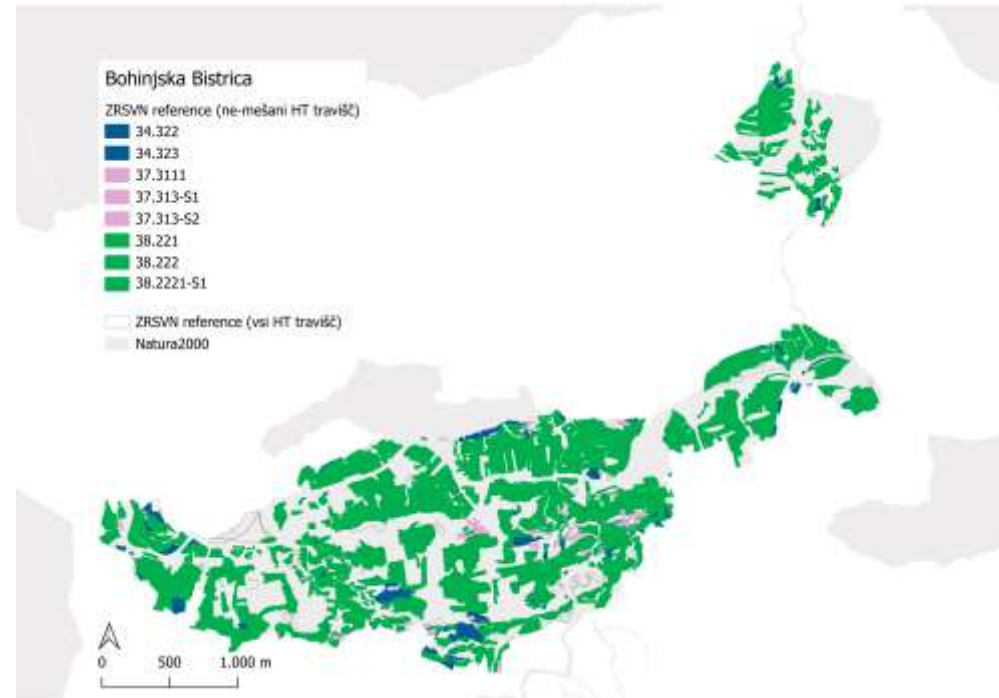
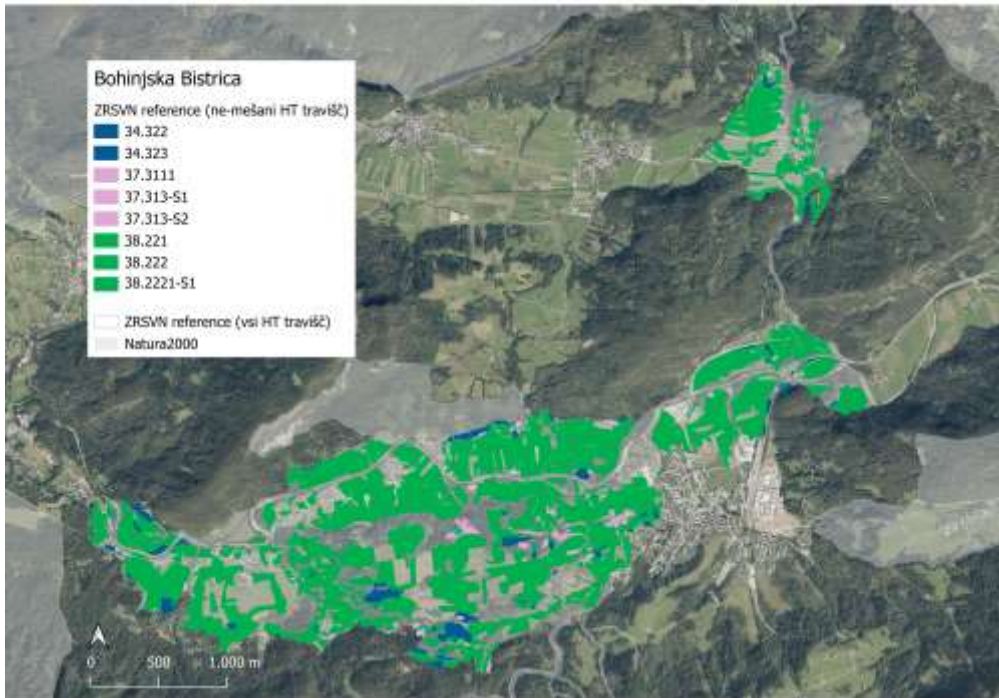
PS NDVI + dodatni



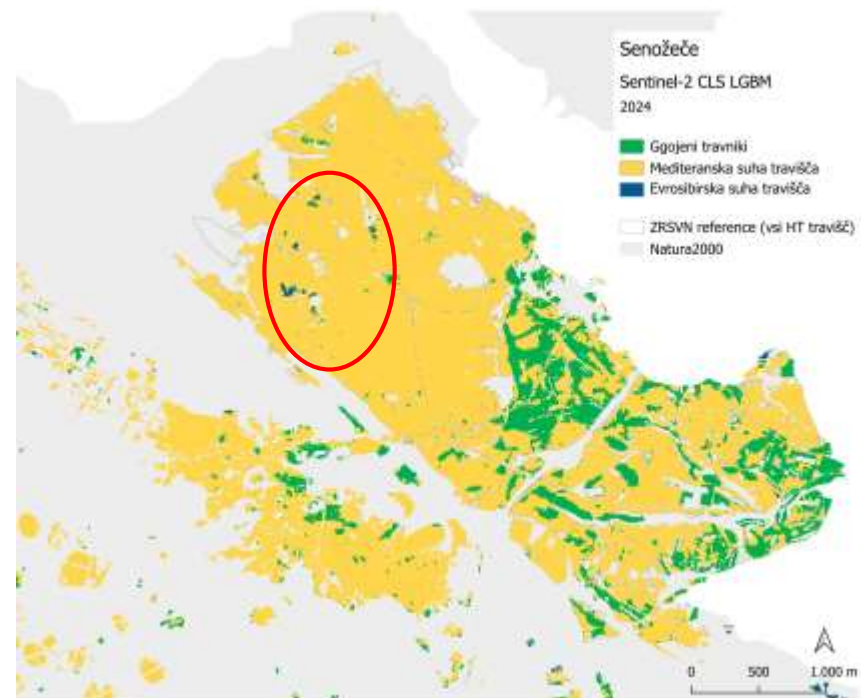
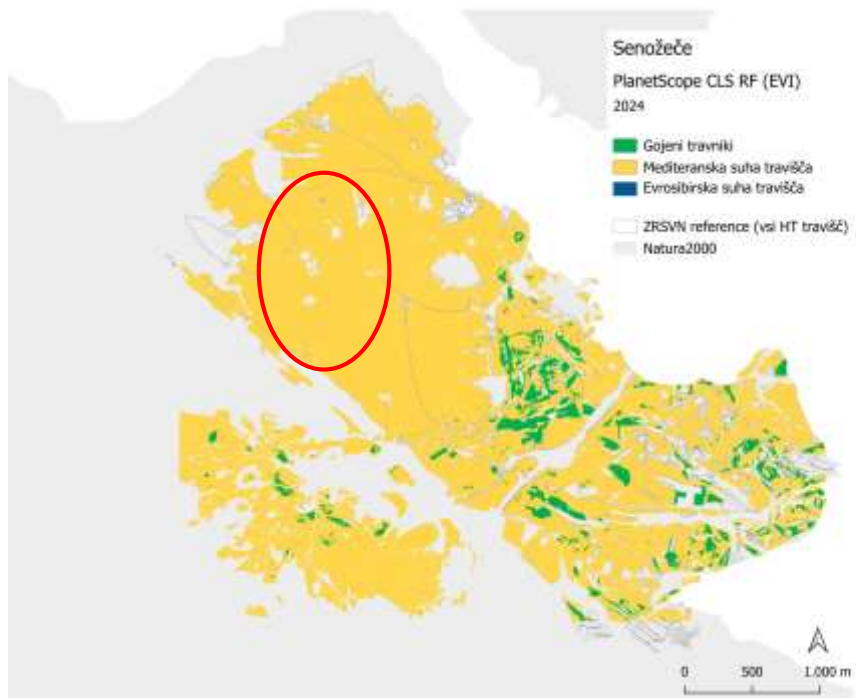
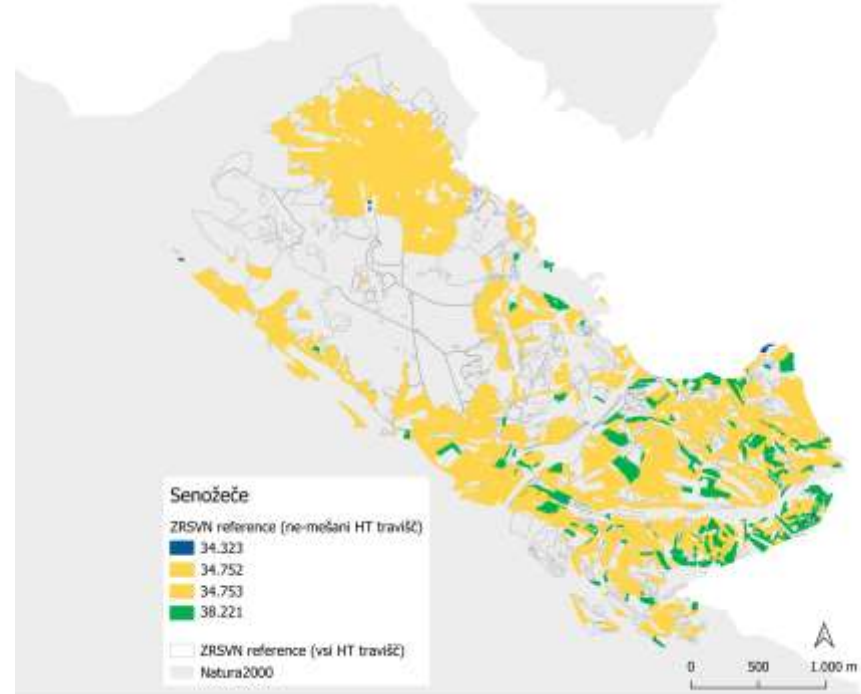
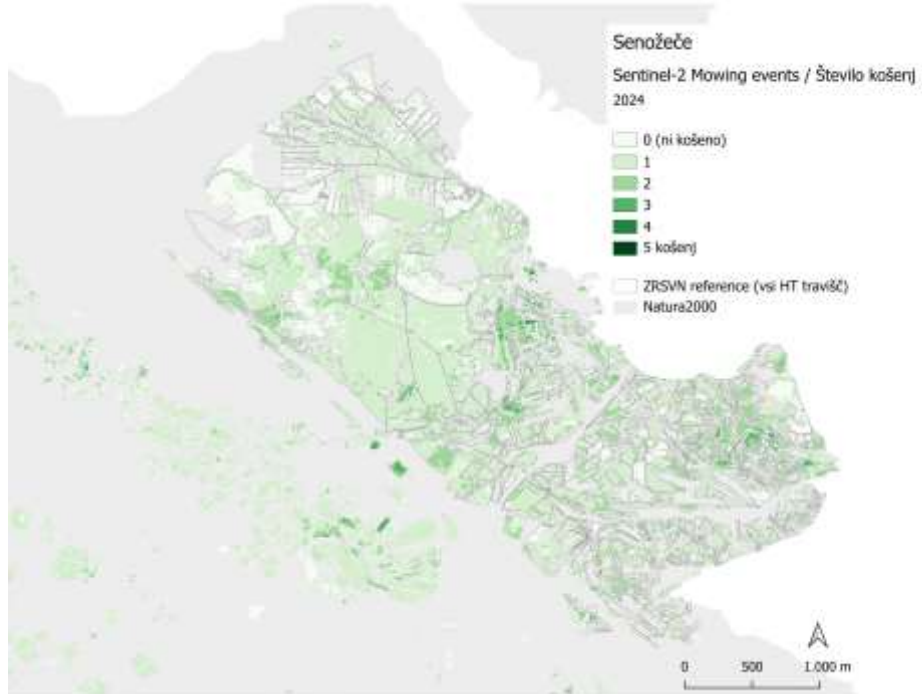
REF ZRSVN



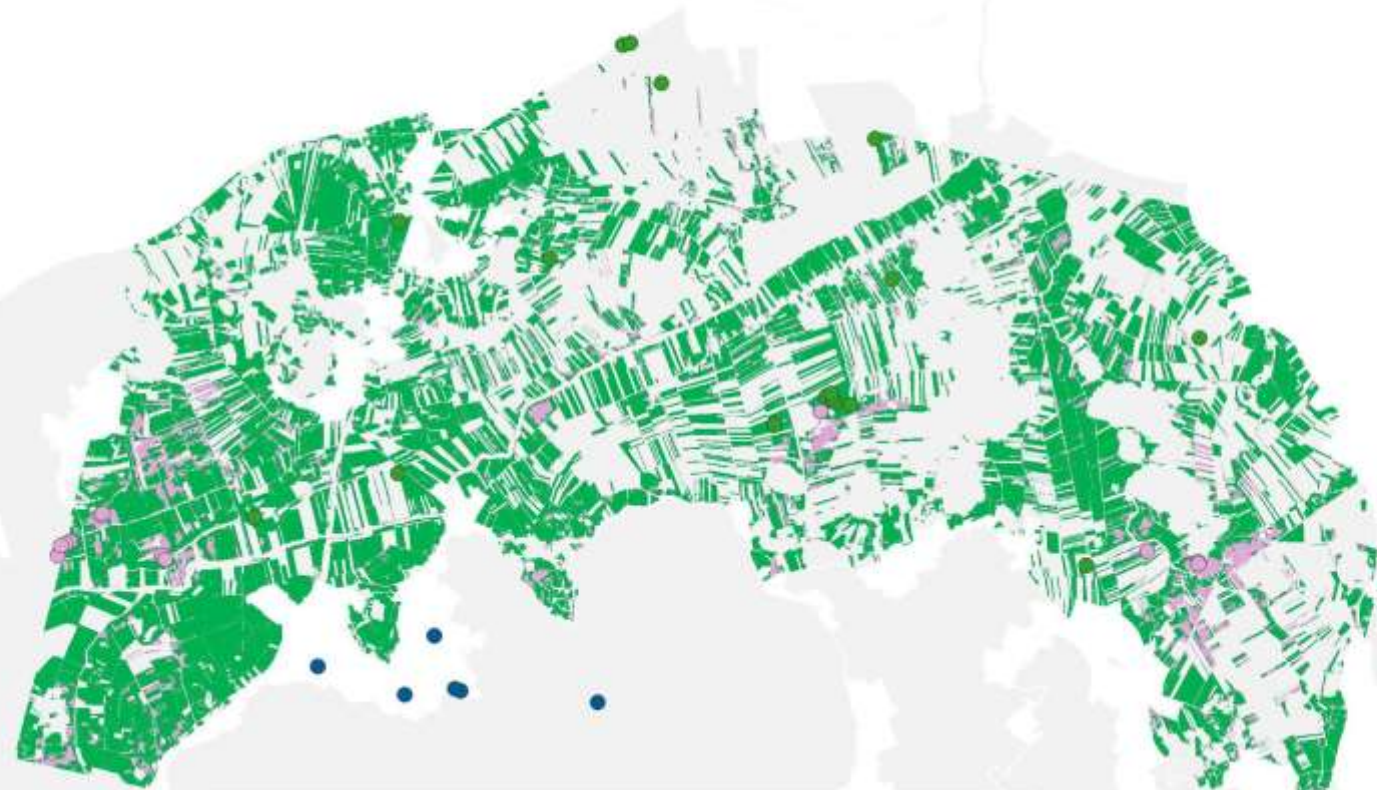
PS-S2 spektralna globina



PS-S2 spektralna globina










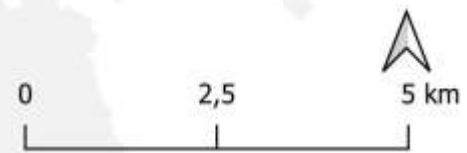
PS prostorska ločljivost



Ljubljansko barje
PlanetScope CLS RF-EVI
2024

Vegetacijski popis
(ne-mešani HT travnišč)

 Gojeni travniki	 PHYSIS 34.3
 Oligotrofni mokrotni travniki	 PHYSIS 37.311
 Natura 2000	 PHYSIS 38.2
	 PHYSIS 38.222



Ovrednotenje klasifikacij

- modelska ocena
- vegetacijski popisi
- vizualni pregled

? poznavanje razmer v naravi

A wide-angle landscape photograph showing a vast meadow in the foreground, filled with tall grass and small purple flowers. In the middle ground, several hikers are visible, including one person in the foreground with a blue backpack walking away from the camera. The background features a large, forested mountain under a bright blue sky with scattered white clouds. The overall scene is bright and sunny.

Zaključki in sklepi

Zaključki

- Sentinel-2 (letne klasifikacije): robusten model, dobra ekološka občutljivost
 - veliko-površinsko razločevanje HT in redni monitoring
- Sentinel-2 vs. PlanetScope: primerljivi rezultati klasifikacije HT ET
 - večja spektralna globina, večja zmožnost razlikovanja manjšinskih razredov (Sentinel-2)
- PlanetScope: zagotavlja pomembno časovno gostoto, prostorski detajl
 - uporaba na ciljnih manjših območjih, velika pokrajinska fragmentarnost
- Referenčni podatki ZRSVN: odlični
 - + modeliranje z reprezentativnimi razredi in habitatnimi tipi (priprava za učne podatke)
 - ++ razširjen nabor, prostorska pokritost na območjih Natura2000
- Validacijski podatki: urejeni vegetacijski popisi so ustrezen in pomemben neodvisen nabor

Sklep

- Daljinsko zaznani podatki omogočajo kartiranje značilnosti travišč (košnje, razlikovanje habitatnih tipov, ohranjanje/starost)
- Lahko pripomorejo k spremljanju stanja travišč, okoljevarstvenih ukrepov
- Z več referenčnimi podatki – tudi boljše razlikovanje in kartiranje HTT
 - o košnjah, o habitanih tipih, o načinu rabe
 - tudi izven območij Natura 2000
- Veliko-površinske statistike (splošno modeliranje) in spremljanje manjših, ekološko zaokroženih območij (usmerjeno modeliranje)
- Ekspertna verifikacija modelov (pomoč in povratna informacija)



FGG

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo



ZRC SAZU

Kartiranje habitatnih tipov ekstenzivnih travišč na območjih NATURA 2000

Sodelavci pri nalogi:

Tatjana Veljanovski (vodja projekta), Urban Šilc, Filip Kuzmič, Aleš Marsetič (ZRC SAZU)
Krištof Oštir, Ana Potočnik Buhvald (UL FGG)

Inštitucije:

Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU
Katedra za geoinformatiko in katastre nepremičnin UL FGG
Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU