ZEMLJEVIDI PILOTNIH LOKACIJ V SKORAJ REALNEM ČASU

KARST FIREWALL 5.0

Adattamento innovativo al cambiamento climatico basato sugli ecosistemi nella regione del Carso. Promuovere una silvicoltura resistente agli incendi con il supporto di Industria 5.0

Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno odporne gmajne s podporo industrije 5.0

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

INFORMACIJE O PROJEKTU	
Akronim projekta:	KARST FIREWALL 5.0
Naslov projekta:	Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno odporne gmajne s podporo industrije 5.0
Prednostno področje:	Bolj zelena, nizkoogljična Evropa, ki prehaja na gospodarstvo z ničelno stopnjo neto emisij ogljika in je odporna
Specifični cilj programa:	SO4: Spodbujanje prilagajanja podnebnim spremembam in preprečevanja tveganja nesreč ter odpornosti ob upoštevanju ekosistemskih pristopov
URL spletne strani projekta:	https://www.ita-slo.eu/sl/karst-firewall-50
Številka dokumenta:	KFW50-D232
Naslov dokumenta:	
Delovni paket:	2
Aktivnost:	3.2
Odgovorni partnerji (avtorji):	ZRC SAZU (Breg Valjavec Mateja, Geršič Matjaž, Ciglič Rok, Štaut Lenart, Jakob Aljaž)
Citiranje:	
Kraj in datum objave:	26. 3. 2026

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

KAZALO

1 **UVOD** 4

2 TEORIJA OPAZOVANJA Z DRONI 4

2.1 ZBIRANJE PODATKOV (DELO NA TERENU) 4

2.2 OBDELAVA PODATKOV (DELO V PISARNI) 6

3 **PRAKTIČNA IZVEDBA SPREMLJANJA RASTJA NA PRIMERU DVEH PILOTNIH OBMOČIJ (OMK)** 8

3.1 PODATKI O SNEMANJIH 8

3.2 UPORABLJENA OPREMA 10

3.3 REZULTATI 11

3.4 OBDELAVA PODATKOV 12

4 **SMERNICE ZA SPREMLJANJE IN OPAZOVANJE Z DRONI** 18

4.1 OPREMA ZA ZBIRANJE PODATKOV 18

4.2 PRIPRAVE NA LET IN SNEMANJE 18

4.3 POSTOPEK ZAZNAVANJA 19

4.4 OBDELAVA PODATKOV 19

4.5 DRUGO 20

5 **VIRI** 20

6 **KARTOGRAFSKE PRILOGE** 21

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

1 UVOD

Natančno kartiranje območij, ki jih je poškodoval požar leta 2022, bo zagotovilo digitalne karte za upravljanje po požaru, oceno okoljske škode, opredelitev ustreznih strategij načrtovanja, prilagajanja in obnove ter spremljanje obnove vegetacije na pilotnih območjih.

2 TEORIJA OPAZOVANJA Z DRONI

2.1 ZBIRANJE PODATKOV (DELO NA TERENU)

OPREMA ZA TEREN

Daljinsko zaznavanje se lahko uporablja za spremljanje pokrajine, najpogosteje z zajemanjem visoko-ločljivih slik iz letal ali brezpilotnih letalnikov, opremljenih z različnimi senzorji. Najpogostejše so konvencionalne optične kamere, ki zajemajo slike v vidnem spektru, vendar so zelo uporabne tudi multispektralne kamere. Te omogočajo zajemanje slik v posameznih spektralnih kanalih (na primer rdečem in infrardečem). Takšne slike omogočajo analizo površine iz različnih perspektiv in omogočajo ogled pokrajine na način, ki ni mogoč s prostim očesom (na primer, z analizo rdečega in infrardečega spektra lahko ocenimo zdravstveno stanje vegetacije). Seveda je mogoče uporabiti tudi satelitske slike, ki se običajno zajemajo v različnih spektralnih kanalih. V nadaljevanju se bomo osredotočili na zajem in obdelavo slik izključno z brezpilotnimi letalskimi sredstvi, kar je bil eden od ciljev projekta.

Brezpilotna letala se lahko uporabljajo za spremljanje stanja vegetacije na manjših območjih, ki pokrivajo nekaj deset hektarjev, medtem ko so letala primernejša za območja, ki pokrivajo več kvadratnih kilometrov ali več. Pomembno je tudi upoštevati želeno ločljivost končnih izdelkov (ortofotografije[1] , ravni podatkov o zdravstvenem stanju vegetacije itd.). Na to vplivata kakovost kamere in višina leta.

[1] Običajne (neobdelane) letalske fotografije se ne prikazujejo na projicirani ravnini, saj je (na primer) pri navpičnem snemanju razdalja med senzorjem kamere in površino, ki se nahaja neposredno pod njim, manjša od razdalje do točk na površini, ki ležijo drugje in so zato bolj oddaljene. Zato ni mogoče iz neobdelanih fotografij fotogrametrično izpeljati razdalj ali površin opazovanega območja.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

Za prostorsko umestitev slik potrebujemo tudi informacije o lokaciji območja. Na ta način lahko končne izdelke (točkovni oblak, ortofoto) v ustreznem merilu prikažemo na pravi lokaciji na površini v izbranem geoinformacijskem programu. To je mogoče doseči na različne načine z uporabo GNSS-sprejemnikov v kombinaciji s sistemom RTK (kadar je potrebna visoka natančnost). Tukaj sta dva primera:

1. z uporabo referenčnih (in kontrolnih) točk,
2. z uporabo letalnika, opremljenega s sprejemniki GNSS in RTK.

Prva možnost je postavitev referenčnih in kontrolnih točk na terenu. Te nam pomagajo umestiti posnete slike in ustvarjene prostorske modele v izbrani koordinatni sistem. Točke morajo biti razporejene po celotnem opazovanem območju. Natančno lego določenih točk v izbranem koordinatnem sistemu (v Sloveniji se uporablja nacionalni koordinatni sistem D96/TM) izmerimo s pomočjo GNSS-sprejemnika, ki mora biti povezan s sistemom RTK. Ob zadostni vidljivosti GNSS-satelitov in podatkovni povezavi je mogoče lego določiti z natančnostjo nekaj centimetrov.
Druga možnost je uporaba drona, kot je DJI Mavic 3M, ki že ima možnost uporabe RTK-kalibracije med letom, tako da se za vsak posnetek z visoko natančnostjo zabeleži položaj letala, kar olajša poravnavo fotografij za ustvarjanje fotogrametričnega modela (točkovnega oblaka), ki predstavlja osnovo za izdelavo ortofotografije.
Če pri fotogrametrični obdelavi fotografij za izdelavo ortofotografij uporabimo kontrolne točke (katerih položaj se meri v daljšem časovnem obdobju in ima večjo natančnost kot dron), lahko naš fotogrametrični model natančno umestimo v koordinatni sistem in uporabimo kontrolne točke za preverjanje njegove natančnosti. Priporočljivo je, da trajne označevalce namestimo na stabilnih točkah znotraj območja, ki ga preučujemo, saj to omogoča najboljšo primerjavo razlik med leti, merjenje položaja pa je treba opraviti le enkrat.

PRIPRAVA NA TEREN

Preden poletimo z dronom, moramo preveriti, ali je letalo ustrezno pripravljeno (npr. popraviti morebitne okvare, posodobiti programsko opremo), ali imamo vso potrebno dokumentacijo (npr. registracijo letala, dovoljenje za let od upravljavca zavarovanega območja), usposobljenega operaterja letala (pilota) ter preveriti morebitne posebnosti zračnega prostora, v katerem bomo leteli. Preveriti je treba aktualna obvestila NOTAM

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

(*obvestila letalcem*). Informacije o zračnem prostoru in aktualnih obvestilih v Sloveniji so na voljo pri Upravi za civilno letalstvo Republike Slovenije (https://www.caa.si/).

DELO NA TERENU – SNEMANJE FOTOGRAFIJ

Z dronom sistematično preletimo območje in poskrbimo, da je celotna površina posneta z več posnetki. Uporabimo lahko aplikacijo za upravljanje drona, s katero nastavimo drona tako, da leti po vnaprej določeni poti (običajno seriji vzporednih letov) in posname fotografije tako, da se posamezne slike prekrivajo. Višina leta in zmogljivost senzorja (kamere) določata ločljivost posnetih slik.

Tudi vremenske razmere so pomembne pri letenju in fotografiranju z dronom. Izogibati se moramo dežju in močnemu vetru, saj lahko voda poškoduje napravo, močni sunki vetra pa lahko preprečijo izvedbo leta. Pri fotografiranju moramo paziti na položaj sonca in senčenje območja. V primerih, ko so nekateri deli območja v senci zaradi ovir v okoliškem reliefu ali visoke vegetacije, medtem ko so preostali deli močno osvetljeni, lahko v končni ortofotografiji pride do znatnih razlik med posameznimi območji. V takih primerih je bolje izogibati se zelo sončnim dnevom in poskušati leteti podnevi ali v vremenskih razmerah (na primer obilna oblačnost brez nevarnosti nevihte ali padavin), v katerih ni prevelikega kontrasta med osvetljenimi in senčnimi območji. Hkrati je seveda pomembno, da je svetlobe dovolj, saj so slike pri slabi osvetljenosti lahko manj ostre.

Glede naklona kamere Giordan in sodelavci (2015) priporočajo uporabo navpičnih posnetkov za naklone z naklonom do 40°.

2.2 OBDELAVA PODATKOV (DELO V PISARNI)

Zbrane slike se obdelajo v programu, namenjenem fotogrametriji, po postopku, ki je bil uporabljen tudi v drugih študijah (npr. Bevan et al. 2017; Ciglič et al. 2020). Najprej se zavržejo slike nezadostne kakovosti. Nato v programu izvedemo avtomatsko kalibracijo kamere (objektiva).

Če nimamo letala s sistemom RTK in uporabljamo letalo s konvencionalnim pozicioniranjem izključno s pomočjo sistema GNSS, lahko po območju razporedimo točke (cilje, označevalce), katerih natančno lego izmerimo s pomočjo prenosnih sprejemnikov GNSS in povezave RTK (glej tudi poglavje 1.1). V tem primeru posnetke pozicioniramo v prostoru in določimo ključne točke ali razpršeno oblak točk, nato vnesemo koordinate (x, y, z) izmerjenih referenčnih in kontrolnih točk ter na koncu vsako točko na vsakem posameznem posnetku, na katerem je

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

vidna referenčna ali kontrolna točka, poravnamo s središčem izmerjenih koordinat. Če uporabljamo letalo z natančnim pozicioniranjem (RTK), so naše slike običajno (odvisno od namena analize) že dobro pozicionirane v prostoru in ne potrebujemo točk na površini.

Poravnane slike in surovi oblak točk se uporabijo v metodi stereo multi-view za pripravo gostega oblaka točk in nato za ustvarjanje digitalnega modela površine ter ortorektificirane slike ali ortofotografije (Peternel et al. 2017; Cignetti et al. 2019).

Če uporabljamo multispektralne kamere, lahko celoten postopek ponovimo za vsak spekter in tako pridobimo ortofotografije v različnih spektrih. To nam omogoča izračun različnih indeksov (glej na primer Campbell 1996; Oštir 2006; Warner in Campagna 2009).

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

3 PRAKTIČNA IZVEDBA SPREMLJANJA RASTJA NA PRIMERU DVEH PILOTNIH OBMOČIJ (OMK)

3.1 PODATKI O SNEMANJIH

V okviru projekta smo spremljali stanje na dveh lokacijah na zahodnem robu občine Miren – Kostanjevica (sliki 1 in 2). Prva se nahaja jugovzhodno od Nove vasi, druga pa ob državni meji severno od hriba Kremenjak (236 m). Podatke smo na terenu zbirali v različnih obdobjih leta:

- 27. maja 2025 (pomlad),
- 16. julij 2025 (poletje),
- 7. november 2025 (jesen),
- 13. februar 2026 (zima)



Slika 1 – Lokacija pilotnih območij.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



Slika 2 – Pokrajina okoli Nove vasi (levo) in Kremenjaka (desno).

Območje Nove vasi smo posneli z enim letom, območje Kremenjaka pa s tremi ločenimi leti (tabela 1).

Tabela 1 – Primeri podatkov o možnih letih (nastavitve v aplikaciji za letenje).

Območje	Območje kartiranja (ha)	GSD (cm/piksel	Dolžina leta (km)	Čas		Število fotografij	Način letenja (višina)	Sledenje terenu	Višina nad tlemi (m)	Hitrost (m/s)	Smer leta (°)	Stopnja stranskega prekrivanja (%)	Vzdolžno prekrivanje (%)	Dodatna površina zunaj primarne površine (m)	Fotografska metoda
				min	s										
Nova vas	6,99	3,65	2,93	13	36	197	AGL	da	79	3,5	91	70	80	0	Časovni interval
Kremenjak 1	9,82	3,92	3,76	15	1	239	AGL	da	85	4,1	36	70	80	0	Časovni interval
Kremenjak 2	9,88	3,92	3,8	14	36	235	AGL	da	85	4,3	347	70	80	0	Časovni interval
Kremenjak 3	8,91	4,02	3,84	14	5	244	AGL	da	87	4,5	334	70	80	0	Časovni interval

*AGL – nad tlemi; višina leta se meri od tal

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



Slika 3 – Nastavitve za možne lete za zajem fotografij v pilotnem območju: Nova vas (zgoraj levo), Kremenjak 1 (zgoraj desno), Kremenjak 2 (spodaj levo) in Kremenjak 3 (spodaj desno).

3.2 UPORABLJENA OPREMA

Za vsak dogodek snemanja smo fotografirali z DJI Mavic 3M, s katerim smo v izbranem območju posneli več sto fotografij.

Posnetki so bili narejeni s kamerami, ki so del standardne opreme drona, pod kotom 90°. Letalo je opremljeno z optično kamero, ki deluje v vidnem spektru (RGB-senzor, CMOS 4/3, 20 MP, vidni kot: 84°, ekvivalentna goriščna razdalja: 24 mm, zaslonka: od f/2,8 do f/11, ostrenje: od 1 m do ∞, ISO: 100–6400) ter multispektralno kamero, sestavljeno iz štirih senzorjev (tabela 2). Vsak senzor (senzorji G, R, RE, NIR) ima naslednje značilnosti: CMOS 1/2,8 palca, 5 MP, zorni kot: 73,91°, ekvivalentna goriščna razdalja: 25 mm, zaslonka: f/2,0, ostrenje: fiksno.

Tabela 2 – Seznam senzorjev multispektralne kamere in valovnih dolžin.

Senzor	Valovna dolžina (nm)
zelena (G)	560 ± 16
rdeča (R)	650 ± 16
rdeči rob (RE)	730 ± 16
bližnji infrardeči (NIR)	860 ± 26

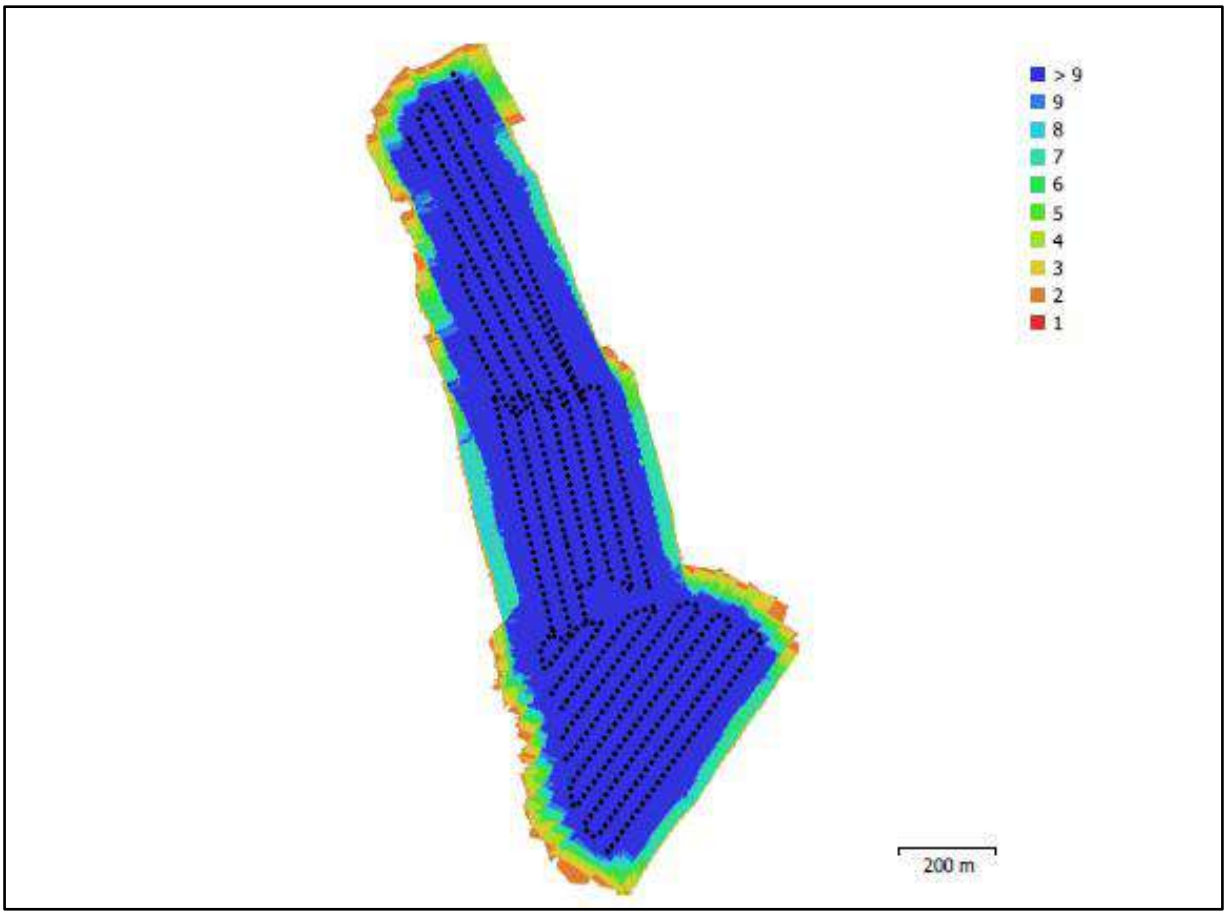
Za izboljšanje natančnosti pozicioniranja slik je imelo letalo med letom na voljo RTK povezavo, kar nam je omogočilo, da smo koordinate točk na terenu zabeležili z visoko

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

natančnostjo – v obsegu nekaj centimetrov (proizvajalec navaja horizontalno natančnost 1 cm + 1 ppm in vertikalno natančnost 1,5 cm + 1 ppm v mirovanju).

3.3 REZULTATI

Za obe opazovani lokaciji nam je uspelo zajeti območje tako, da je bila vsaka točka znotraj opazovanega območja posneta na več kot devetih fotografijah (slika 4). Podrobnosti o vsakem posameznem zajemu so navedene v tehničnih poročilih v prilogi.



Slika 4 – Število slik na celico. Primer snemanja s standardnim fotoaparatom na lokaciji Kremenjak poleti.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

3.4 OBDELAVA PODATKOV

Za obdelavo slik smo uporabili programsko opremo Agisoft Metashape Professional, ki omogoča fotogrametrično analizo, generiranje oblakov točk, digitalno modeliranje površin, ustvarjanje ortofotografij in še več.
V okviru obdelave podatkov smo za slike, posnete s standardnim optičnim fotoaparatom (ki zajema podatke v vidnem spektru), in za slike, posnete s spektralnimi kanali v rdečem in infrardečem spektru, pripravili naslednje:

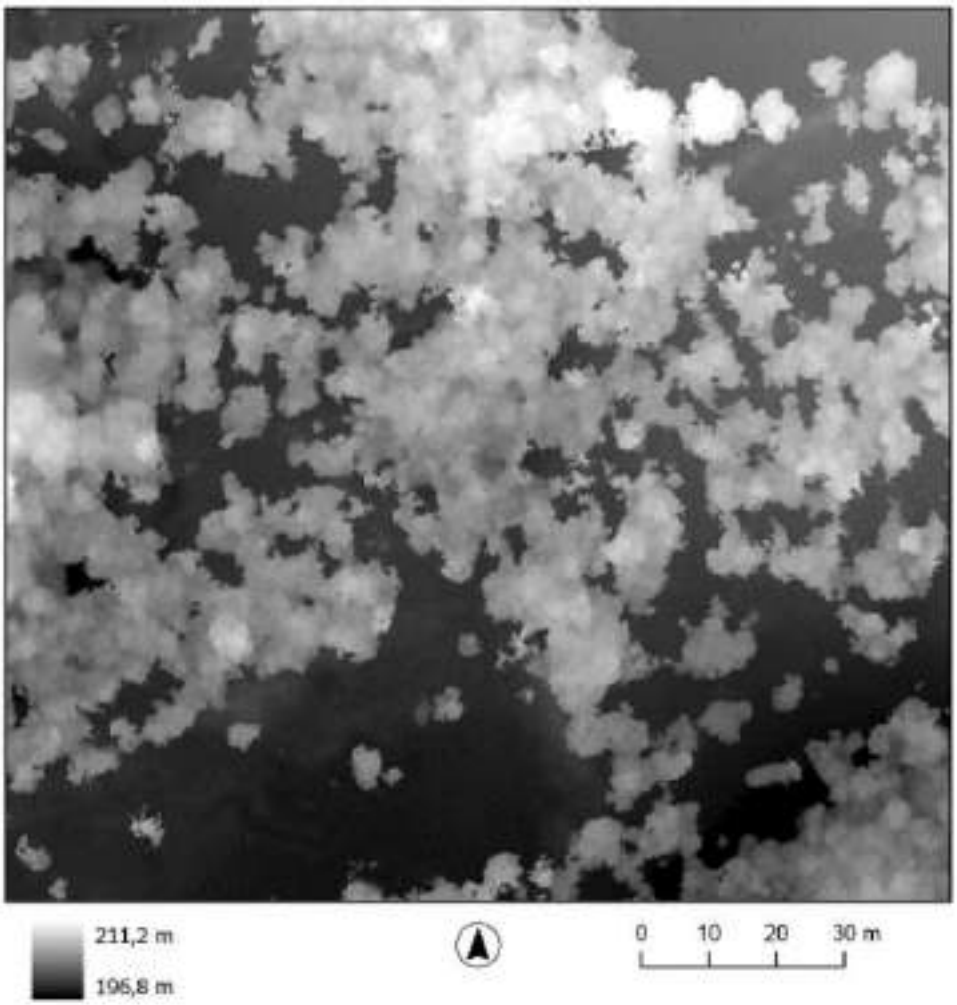
- točkovne oblake (glej primer na sliki 5),
- digitalne modele površin (rasterna raven), ki se uporabljajo za pripravo ortofotografij (glej primer na sliki 6),
- ortofotografije (rastrska raven) (glej primere na slikah 7–9).

Končne ravni podatkov so bile pripravljene v koordinatnem sistemu D96. Izdelki so bili izvoženi v formatu geotif. Oblaki točk so bili po potrebi pripravljeni v formatu .las.
Multispektralne ortofotografije so zelo koristne, ker omogočajo izračun različnih indeksov. Med njimi je indeks normalizirane diferencialne vegetacije (NDVI) zelo pomemben za spremljanje rasti vegetacije (za več podrobnosti glej na primer Oštir 2006; Warner in Campagna 2009), saj kaže na prisotnost vegetacije prek razmerja med infrardečimi in rdečimi vrednostmi slike. Visoke vrednosti indeksa predstavljajo območja z zeleno vegetacijo, medtem ko vrednosti blizu 0 ali nižje kažejo na odsotnost vegetacije.
Ortofotografije, izdelane v rdečem in infrardečem spektru, so nam omogočile vizualizacijo vrednosti NDVI (glej primer na sliki 10).

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



Slika 5 – Primer oblaka točk, pridobljenega iz slik, posnetih s standardno optično kamero za območje Nove Vasi poleti.



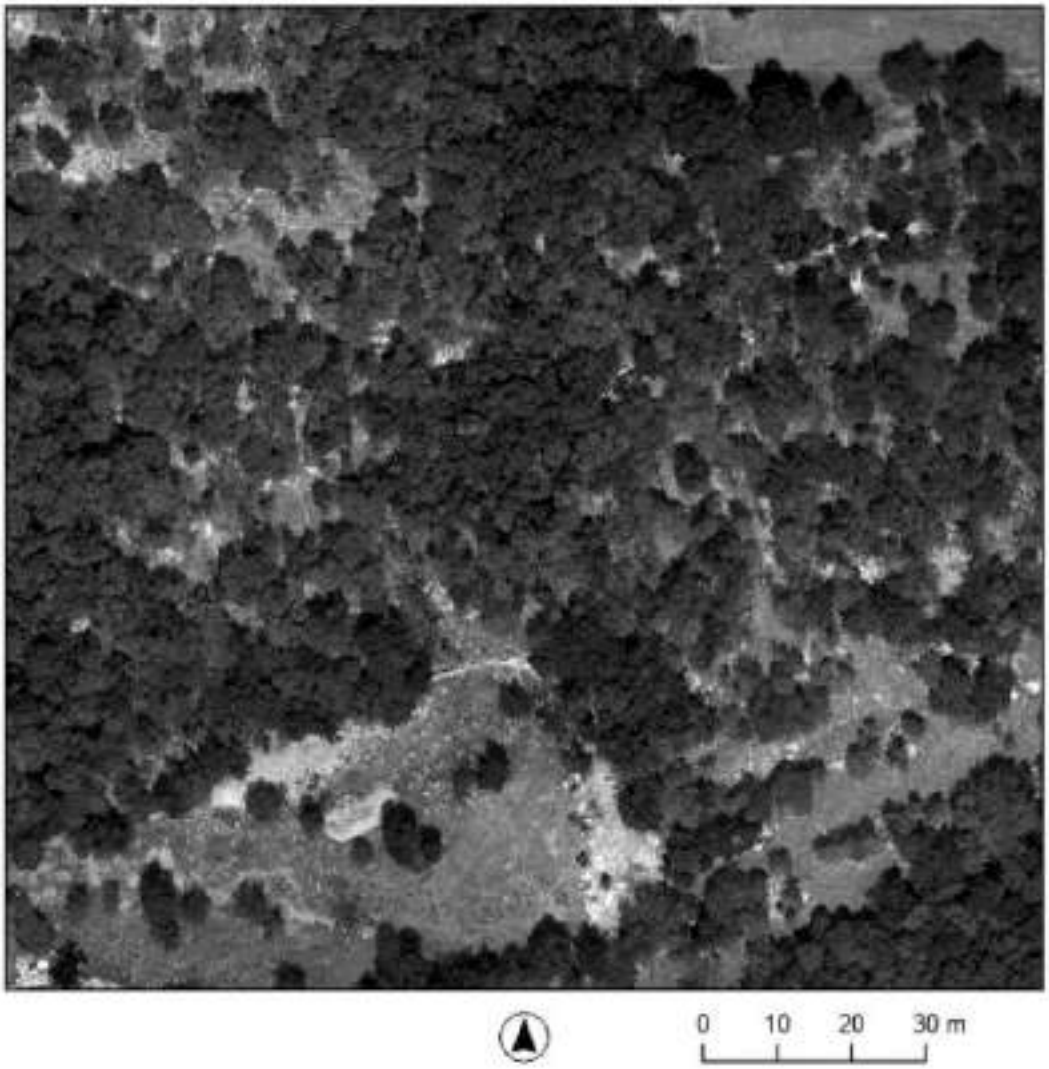
Slika 6 – Primer digitalnega modela površine, pridobljenega iz slik, posnetih s standardnim optičnim fotoaparatom za območje Nove vasi poleti.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



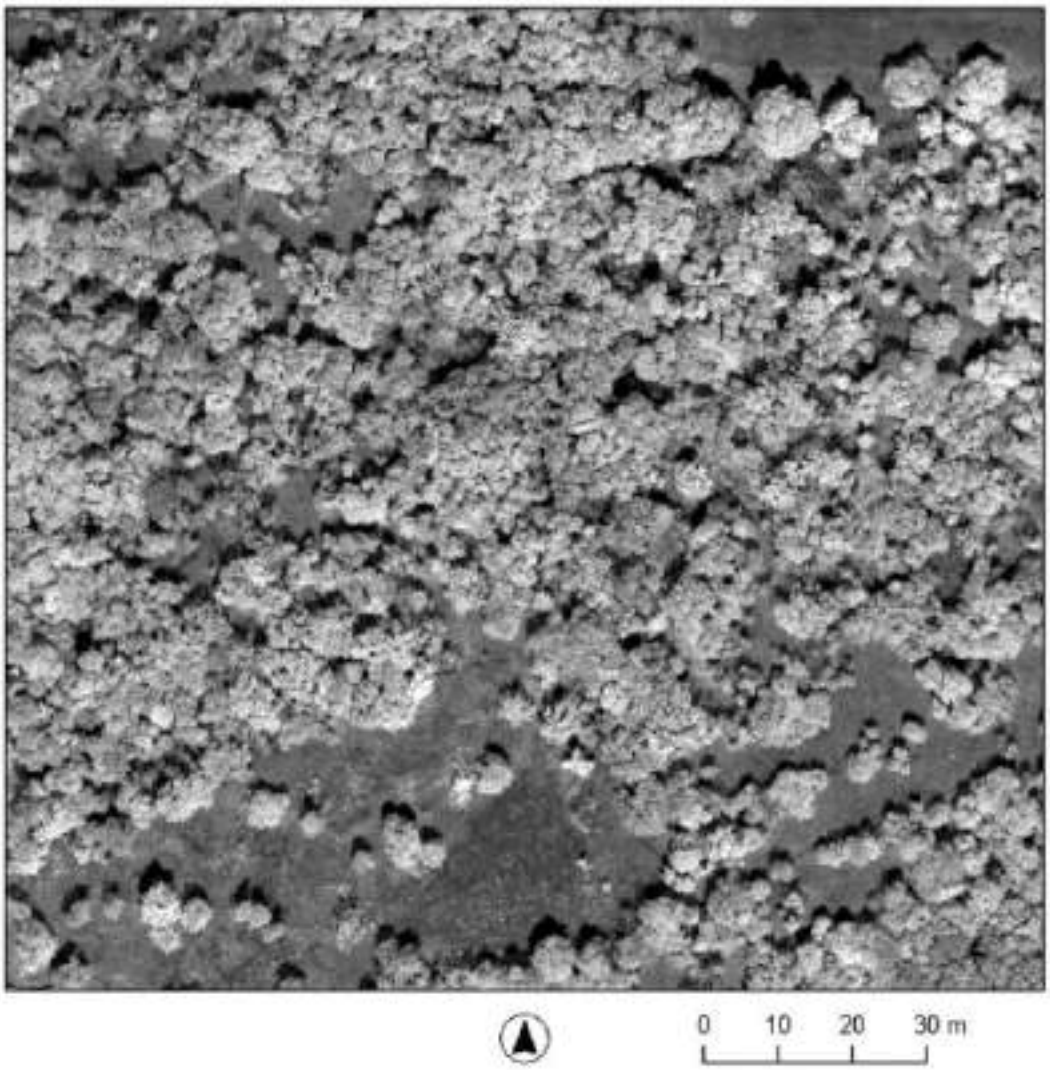
Slika 7 – Primer ortofotografije, pridobljene iz slik, posnetih s standardno optično kamero za območje Nove vasi poleti.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



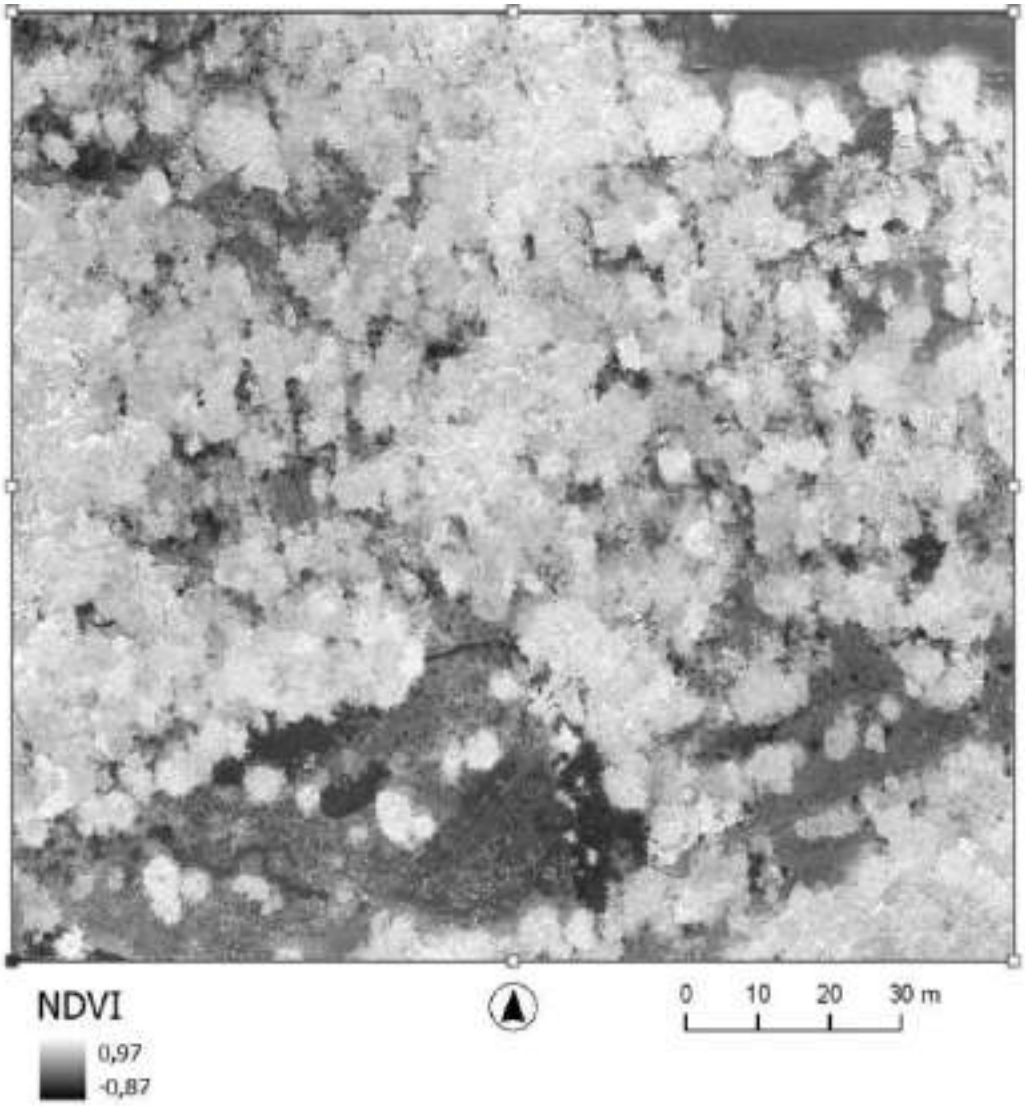
Slika 8 – Primer ortofotografije, pridobljene iz posnetkov, posnetih z rdečo kamero za območje Nove vasi poleti.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



Slika 9 – Primer ortofotografije, pridobljene iz slik infrardečega fotoaparata za območje Nove vasi poleti.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



Slika 10 – Primer vrednosti NDVI, izračunanih iz rdečega in infrardečega spektra za območje Nove vasi poleti. Višje vrednosti (svetlejši odtenki) predstavljajo vegetacijo, medtem ko nižje vrednosti (temnejši odtenki) predstavljajo druge površine, kot so skalnata tla ali suhozidi (primerjaj s sliko 7).

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

4 SMERNICE ZA SPREMLJANJE IN OPAZOVANJE Z DRONI

4.1 OPREMA ZA ZBIRANJE PODATKOV

Za spremljanje stanja vegetacije se priporoča uporaba brezpilotnih letal, opremljenih z multispektralnimi kamerami poleg konvencionalnih kamer (ki zajemajo slike v vidnem spektru). Te kamere omogočajo zajem slike v infrardečem in rdečem spektru. To omogoča izračun indeksa NDVI, ki kaže količino klorofila v listih in prisotnost vegetacije.
Pri spremljanju z brezpilotnimi letalskimi sredstvi je treba upoštevati nekatere omejitve:

- droni imajo omejen čas letenja, ki je odvisen od njihovih baterij. To težavo je seveda mogoče rešiti z zamenjavo baterij, vendar je treba poskrbeti, da je vedno na voljo dovolj časa za vrnitev na varno pristajališče, kadar (sistematično) fotografirate površino.
- v Sloveniji (razen drugih omejitev) je najvišja višina leta, ki jo dovoljuje veljavna zakonodaja, 120 m nad površino, kar pomeni omejitev obsega posamezne fotografije. Če želite fotografirati površino z visokoločljivimi slikami, morate leteti nižje, kar pomeni podaljšanje trajanja leta. Alternativna možnost, če to omogoča letalo, je zamenjava senzorja kamere s takšnim, ki omogoča snemanje visokoločljivih fotografij.
- V Italiji, zlasti v občini Devin-Nabrežina, ki leži v območju vpliva letališča Trst (Monfalcone), velja številne omejitve, ki preprečujejo snemanje in spremljanje.

4.2 PRIPRAVE NA LET IN SNEMANJE

- Vremenske razmere: letalo moramo leteti brez megle, nizkih oblakov, padavin, močnega vetra ali drugih neugodnih vremenskih razmer, ki bi lahko ogrozile vidljivost ali prekinile let. Zato je treba pred odhodom na teren spremljati vremenske napovedi in hkrati paziti na vremenske razmere na samem terenu.
- Območje *vzleta*: mesta za vzlet in pristanek ter postaja za daljinsko upravljanje pilota morajo biti zaščiteni pred motnjami, kot so promet, pohodniki, živali itd., ter morajo zagotavljati dober pregled nad okolico. To nam omogoča spremljanje dogajanja tako v zraku kot na tleh. Pred letom je treba preveriti morebitne omejitve, kot so geografske omejitve (za dodatne informacije v Sloveniji je treba obiskati spletno stran Uprave za civilno letalstvo) in sporočila NOTAM (*obvestila letalcem*), ki vsebujejo informacije o različnih omejitvah in dogodkih (npr. zaprtje zračnega prostora zaradi vojaških vaj).

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

4.3 POSTOPEK ZAZNAVANJA

Med samim letom se priporoča, da dron med fotografiranjem leti počasi (v vsakem primeru počasneje od največjih hitrosti, ki jih ponujajo aplikacije glede na višino leta). Med letom je treba poskrbeti, da je povezava RTK ves čas na voljo, saj bo to zagotovilo, da bodo posnetki pravilno umeščeni v prostoru. Če je mogoče, se izogibajte prevelikim kontrastom v naravi, ki se lahko pojavijo na primer ob močni sončni svetlobi, saj ostanejo senčne površine zatemnjene.
Poleg pilota je v veliko pomoč tudi pomočnik, ki lahko pomaga pri spremljanju okolice.

4.4 OBDELAVA PODATKOV

Za obdelavo podatkov lahko izbirate med različnimi vrstami programske opreme. Uporabnik mora poskrbeti za dovolj zmogljivo računalniško opremo, saj fotogrametrična analiza več sto slik zahteva precejšnjo računalniško moč in zmogljivo grafično kartico.
Pred začetkom obdelave je priporočljivo preveriti kakovost fotografij in izločiti tiste, ki niso dovolj ostre ali so bile posnete pod kotom, ki se znatno razlikuje od drugih slik, saj to lahko oteži računalniškemu programu poravnavo slik in izvedbo fotogrametrične obdelave. Prav tako je pomembno oceniti popačenje slik, ki ga povzroča objektiv. Zmogljivi programi so sposobni samostojno oceniti kakovost fotografij in popačenje objektiva. Popačenje objektiva se lahko natančno oceni, če imajo fotografije natančne koordinate. Te se lahko pridobijo z zajemanjem prek povezave RTK ali z uporabo kontrolnih točk na terenu, katerih natančna lega je bila izmerjena z GNSS-sprejemnikom.
Fotogrametrična analiza in priprava izdelkov (npr. oblak točk, digitalni model površine, ortofoto) ponujata številne možnosti nastavitev. To uporabniku omogoča, da preizkusi različne možnosti. Vendar je treba opozoriti, da nastavitve za višje ločljivosti zahtevajo tudi več časa. Po končanem delu je izredno pomembno, da rezultate ustrezno arhivirate in naredite varnostne kopije. Uporabniki morajo upoštevati, da lahko ortofotografije z ločljivostjo nekaj centimetrov, ki pokrivajo več hektarjev, hitro dosežejo velikost več GB. Če uporabljate multispektralne kamere (ki imajo običajno nekoliko nižjo ločljivost), že samo fotografski material, ko pride s terena, predstavlja veliko količino podatkov. Če k temu dodate še programsko datoteko, ki shranjuje fotogrametrično analizo, lahko za eno samo območje arhivirate do več sto GB podatkov.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

4.5 DRUGO

Če želimo primerjati slike z dronov s satelitskimi, je pomembno, da jih posnamemo istega dne. Na spletnih straneh, kot je
https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/copernicus/sentinel-2/acquisition-plans
kjer je mogoče prenesti datoteko *kml* in jo odpreti v ustreznem GIS programu, da pridobimo informacije ali na spletni strani
https://app.spectator.earth/acquisition-plan
kjer se preveri, na kateri dan bodo posnete satelitske slike določenih satelitov. Na ta način lahko posnamemo tudi svoje slike istega dne, kar nam omogoča, da analiziramo vrednosti različnih ločljivosti in sklepamo o dogodkih izven našega območja opazovanja.

5 VIRI

Bevan, D. J., Brook, M. S., Tunnicliffe, J., Richards, N. P., Prebble, W. M. 2017: Use of UAV mounted/Structure-from-Motion (SfM) data capture for engineering geological landslide mapping. 20th NZGSGeotechnical Symposium. Wellington.

Campbell, J. B. 1996: Introduction to Remote Sensing. Second Edition. London.

Ciglič, R., Ferk, M., Nagy, G. 2020: Opazovanje pobočnih procesov z brezpilotnim letalnikom na primeru plazov v Slovenskih goricah. Modeliranje pokrajine. Ljubljana.

Cignetti, M., Godone, D., Wrzesniak, A., Giordan, D. 2019: Structure from motion multisource appli-cation for landslide characterization and monitoring: The Champlas du Col case study, Sestriere,North-Western Italy. Sensors 19-10. DOI: https://doi.org/10.3390/s19102364

Giordan, D., Manconi, A., Tannant, D. D., Allasia, P. 2015: UAV: Low-cost remote sensing for high-reso-lutioninvestigation of landslides. 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium(IGARSS). Milano.

Peternel, T., Kumelj, Š., Oštir, K., Komac, M. 2017: Monitoring the Potoška planina landslide (NW Slovenia)using UAV photogrammetry and tachymetric measurements. Landslides 14-1. DOI: https://doi.org/10.1007/s10346-016-0759-6

Oštir, K. 2006: Daljinsko zaznavanje. Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU.

Warner, T., Campagna, D. J. 2009: Remote Sensing with IDRISI® Taiga. A Beginner's Guide. Hong Kong

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50

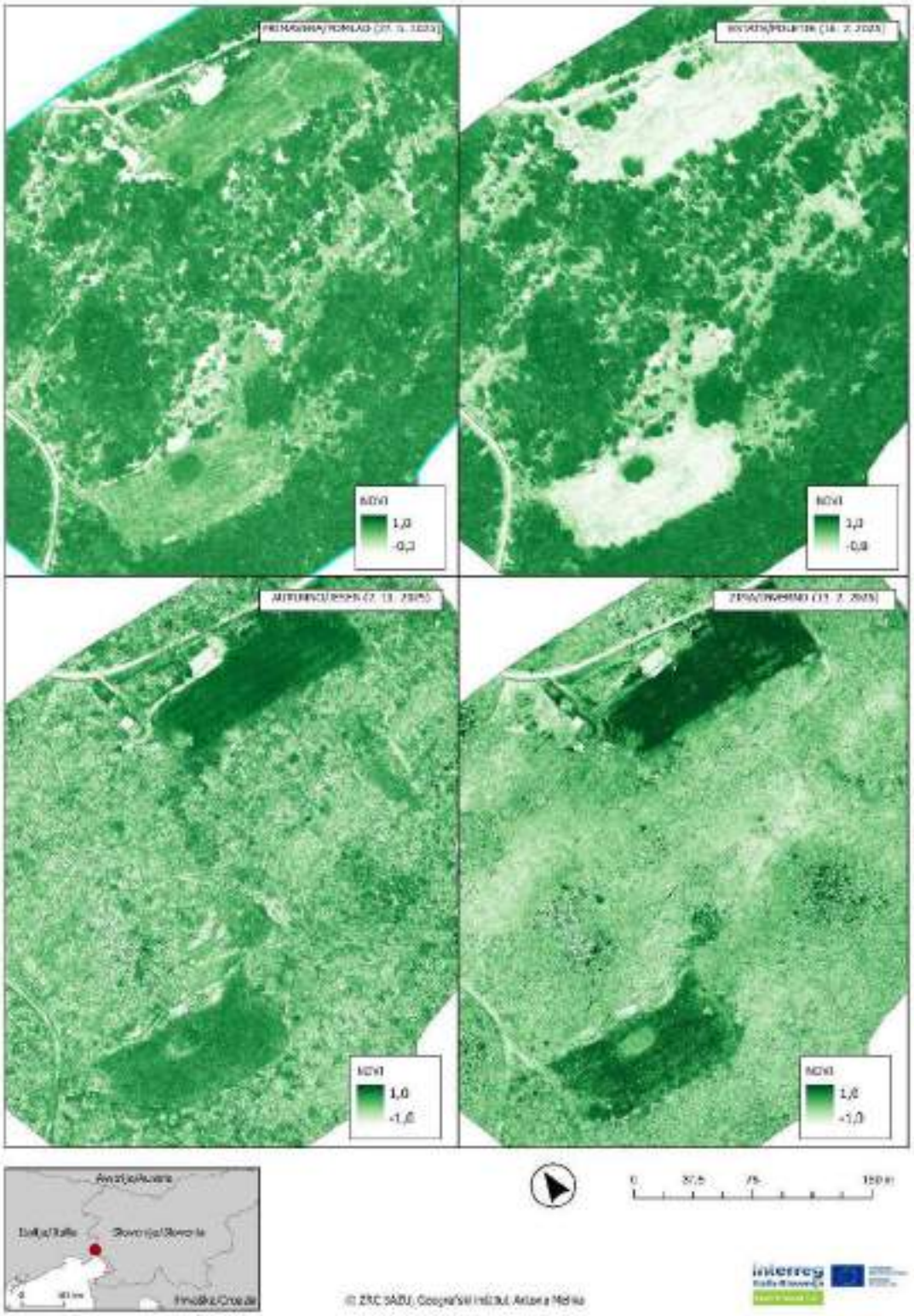
6 KARTOGRAFSKE PRILOGE

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



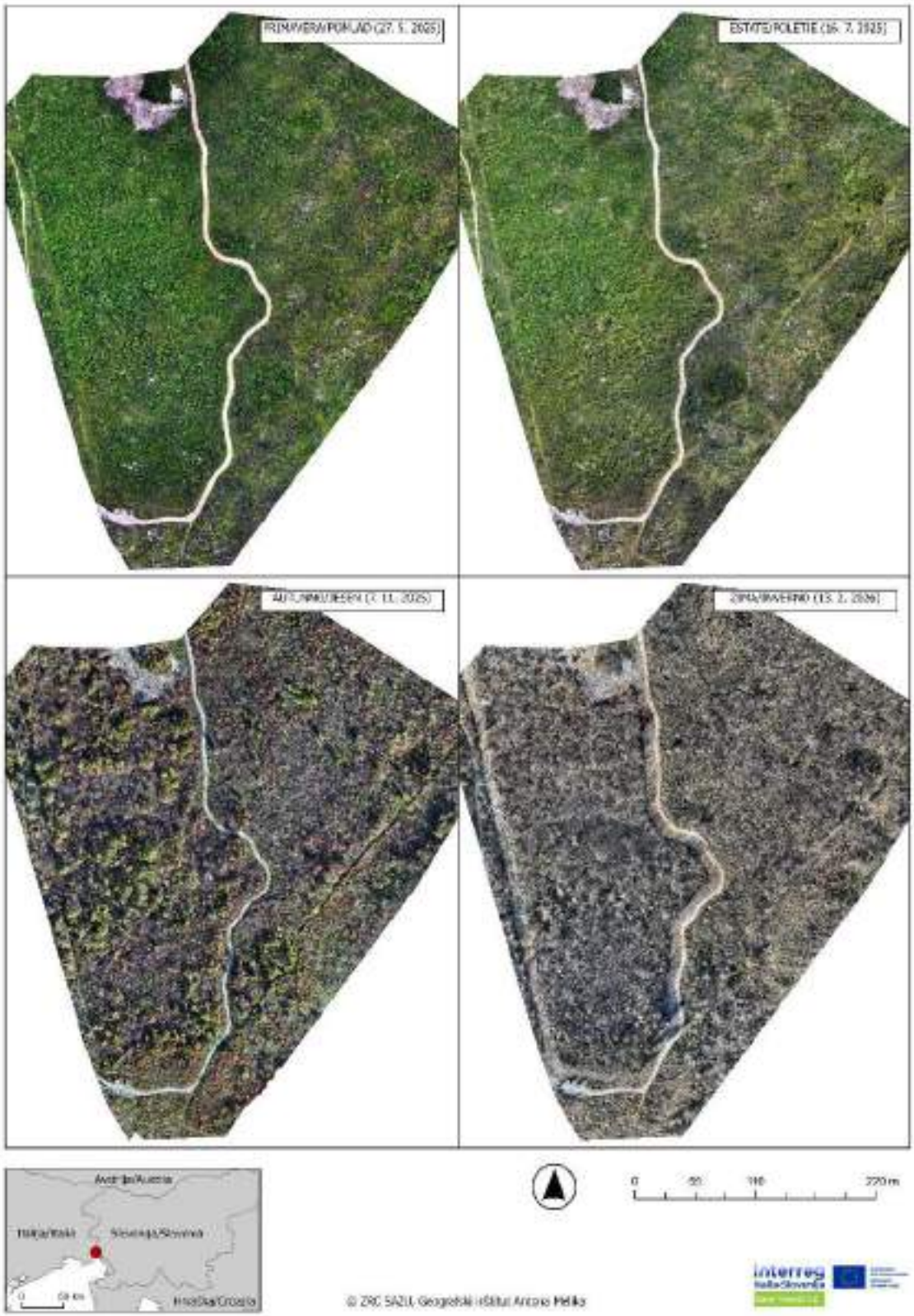
PRILOGA 1: Pilotno območje Nova vas, posneto z RGB-kamero v vseh štirih letnih časih.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



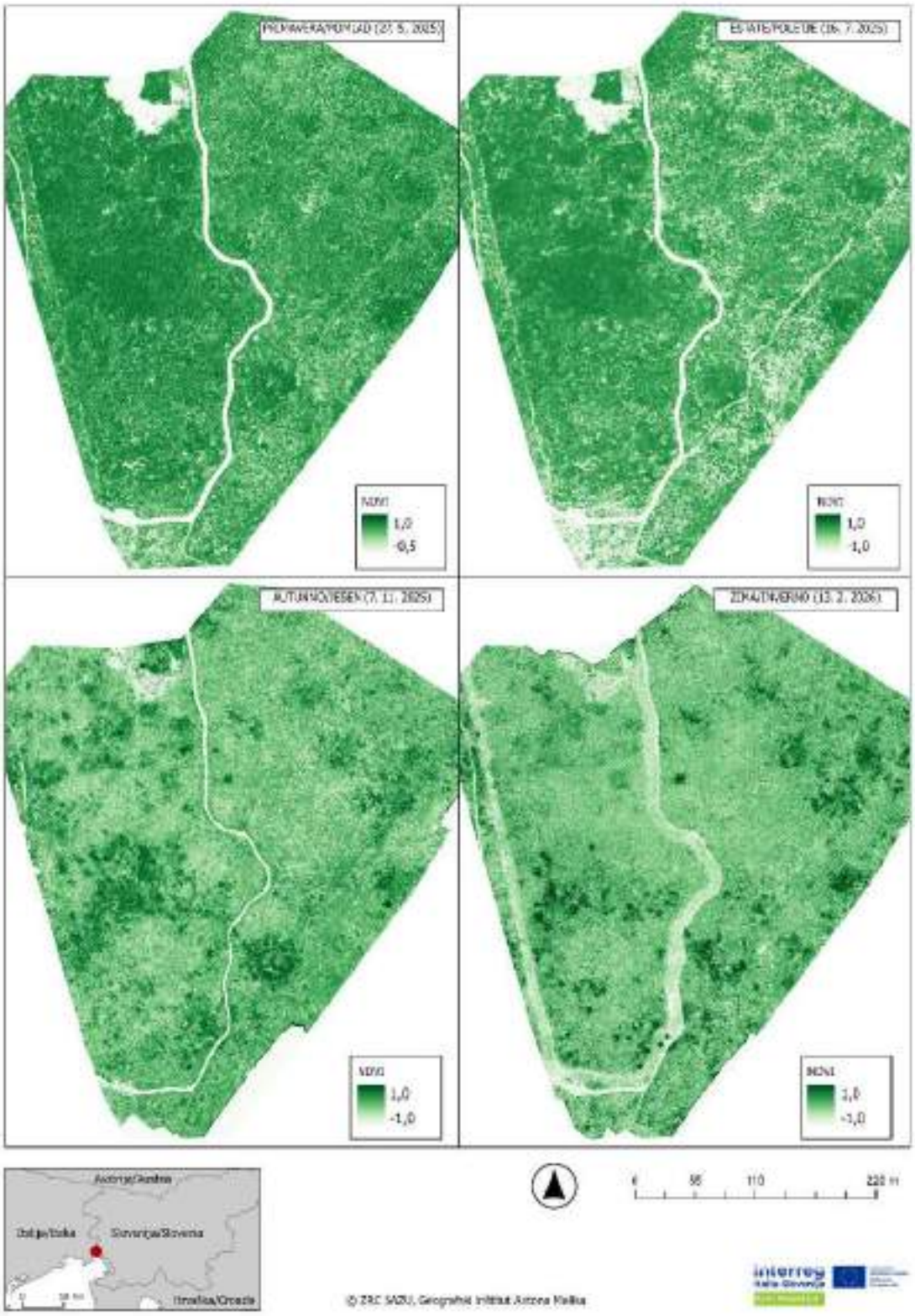
PRILOGA 2: Pilotno območje Nova vas, posneto z multispektralno kamero v vseh štirih letnih časih in izračunan NDVI.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



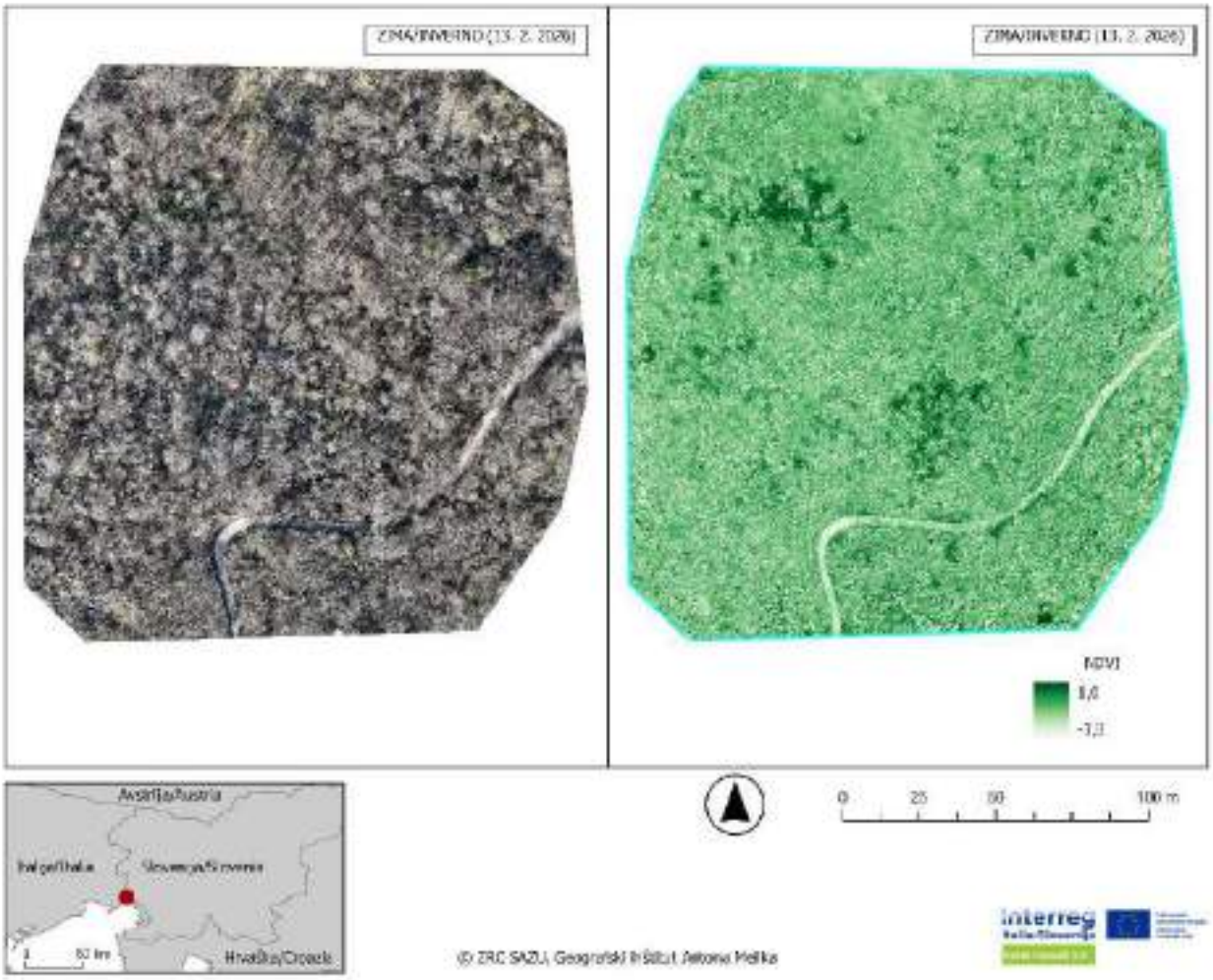
PRILOGA 3: Pilotno območje Kremenjak, posneto z RGB-kamero v vseh štirih letnih časih.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



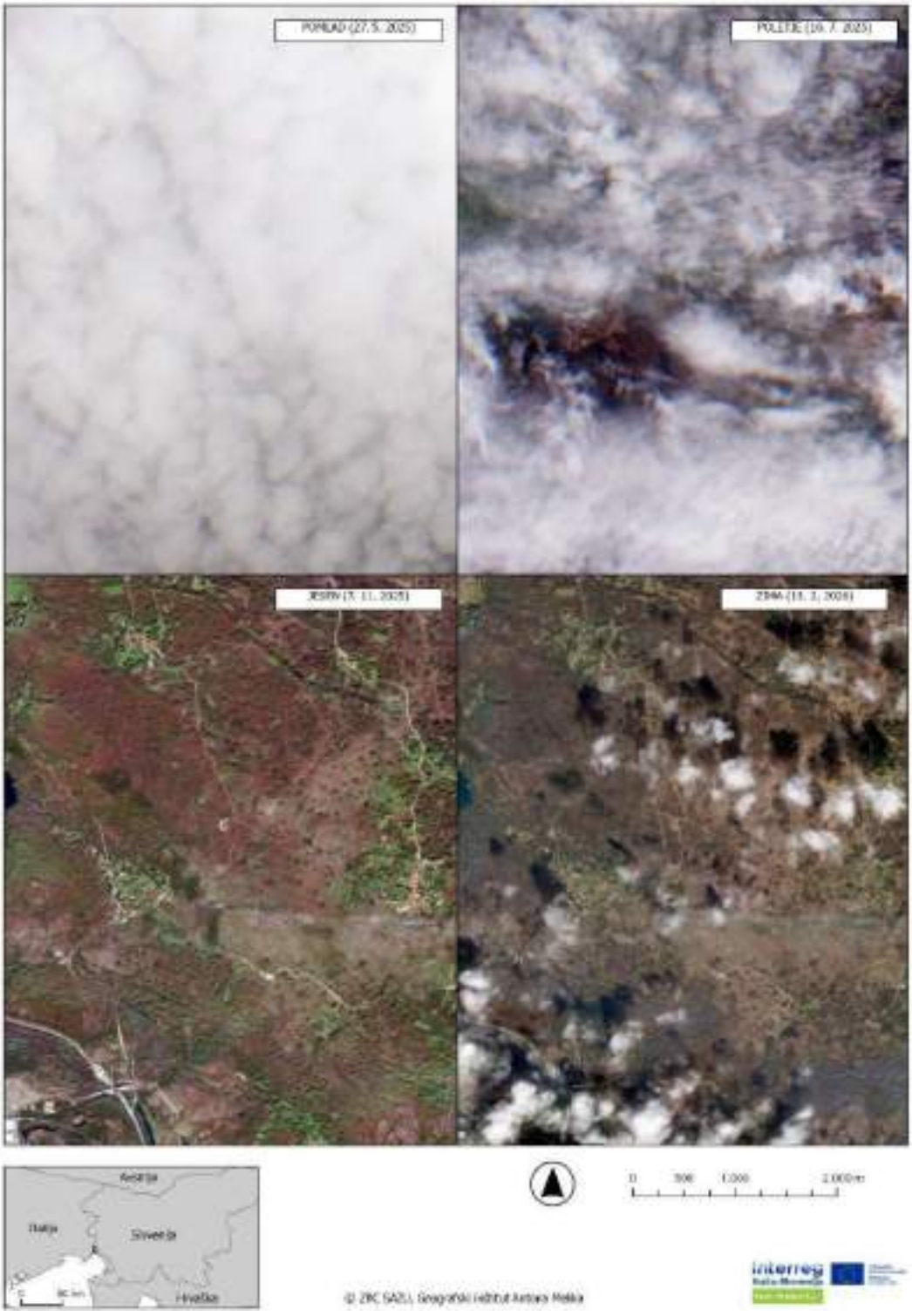
PRILOGA 4: Pilotno območje Kremenjak, posneto z multispektralno kamero v vseh štirih letnih časih in izračunan NDVI.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



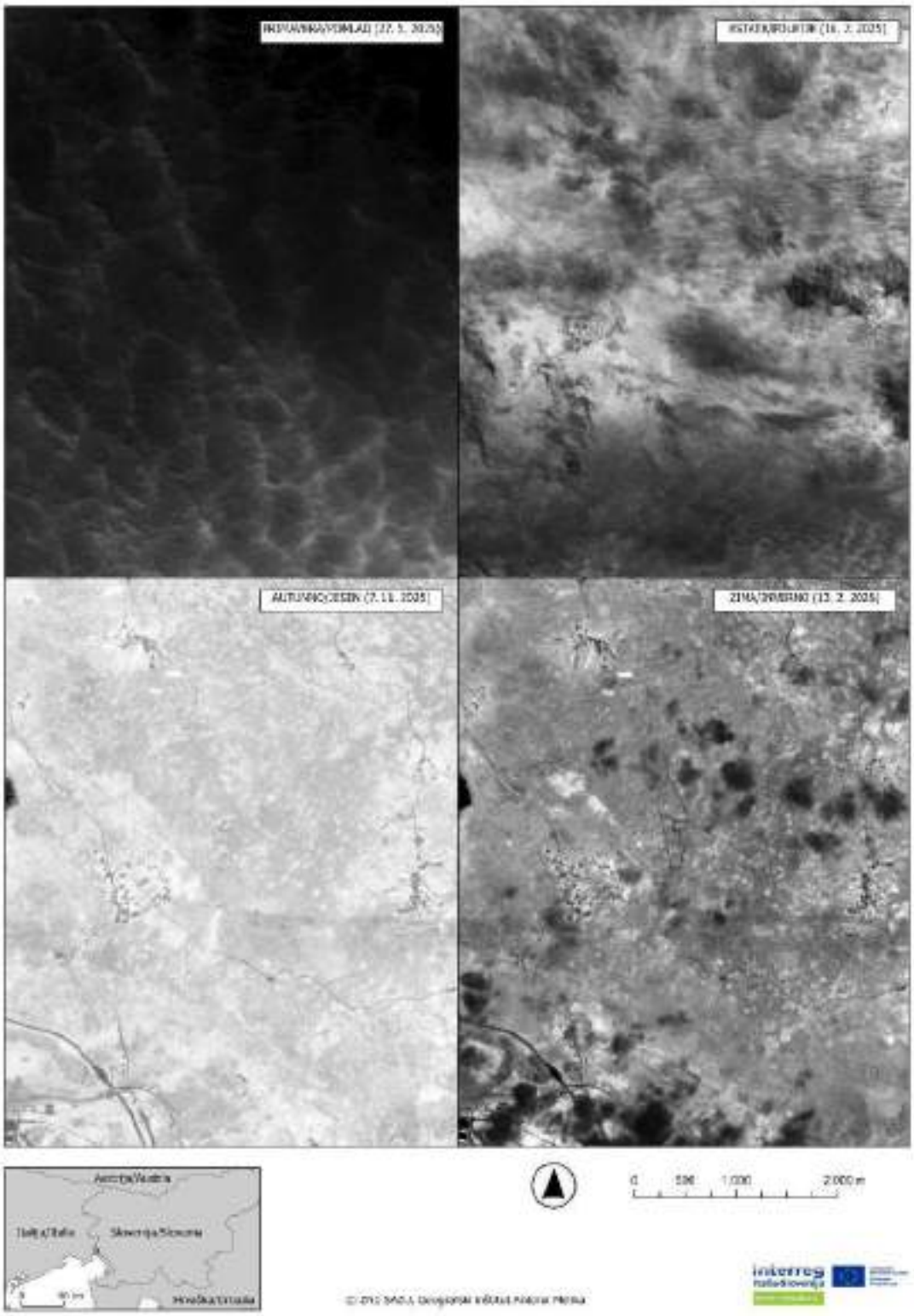
PRILOGA 5: Pilotno območje Medjavas, posneto z multispektralno kamero pozimi in izračunanim NDVI.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



PRILOGA 6: Širše čezmejno območje, ki vključuje vsa tri pilotna območja, posneto s satelitom Sentinel-2 v vseh štirih letnih časih.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50



PRILOGA 7: Širše čezmejno območje, ki vključuje vsa tri pilotna območja, posneto s satelitom Sentinel-2 v vseh štirih letnih časih in z izračunanim NDVI.

Il progetto Karst Firewall 5.0 è co-finanziato dall'Unione europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia.
Projekt Karst Firewall 5.0 sofinancira Evropska unija v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija.
www.ita-slo.eu/karst-firewall-50