

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2019/6



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra	V2-1620	
Naslov	Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč	
Vodja	23564 Mihaela Triglav Čekada	
Naziv težišča v okviru CRP	3.2.1 Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč	
Obseg učinkovitih ur raziskovalnega dela	42	
Cenovna kategorija	B	
Obdobje trajanja	10.2016 - 03.2018	
Nosilna raziskovalna organizacija	246	Geodetski inštitut Slovenije
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	618	Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
	792	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.17	Geodezija
Družbeno-ekonomski cilj	08.	Kmetijstvo
Raziskovalno področje po šifrantu FORD	2	Tehniške in tehnološke vede
	2.07	Okoljsko inženirstvo

2. Sofinancerji

Sofinancerji		
1.	Naziv	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
	Naslov	Dunajska 22, 1000 Ljubljana

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Skupna kmetijska politika je ena od najpomembnejših politik Evropske skupnosti. Mehanizmi skupne kmetijske politike vključujejo med drugim tudi neposredna plačila, ki predstavljajo stalen dohodek za kmetovalce in imajo pozitiven vpliv na ohranjanje kmetijske pridelave v Sloveniji, kakor tudi za ohranjanje kulturne krajine.

Trenutno predstavlja osnovni vir za ugotavljanje upravičenosti do pridobitve neposrednih plačil podatek o dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč, ki se posodablja na podlagi državnih ortofoto posnetkov v triletnih ciklih. Na nekaterih območjih so lahko podatki o dejanski rabi starejši od treh let, kar povzroča težave pri procesu ugotavljanja upravičenosti do neposrednih plačil. Zato je nujna uvedba alternativnega vira podatkov o dejanskem stanju v prostoru in optimizacija procesa vzdrževanja podatkov.

Ažurnost podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč je tesno povezana z razpoložljivostjo državnih ortofotov, ki so izdelani v okviru državnih projektov Ciklično aerofotografiranje Slovenije (CAS). Vsako leto se namreč obnovi podatke dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč le za del državnega ozemlja, za katerega je bilo v tekočem letu izvedeno aerofotografiranje in so na voljo ortofoti (izveden CAS). Aerofotografiranje se izvaja v obdobju dveh do štirih let, v izrednih okoliščinah se perioda lahko še podaljša, zaradi na primer neugodnih vremenske razmer v času snemanja. Tako državni ortofoti, kot osnovni vir podatkov, občasno ne zadoščajo zahtevam glede ažurnosti dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Možno rešitev predstavlja uporaba alternativnih virov podatkov daljinskega zaznavanja kot so optični satelitski posnetki in lidarski podatki.

Glavni cilji in rezultati projekta so bili:

- preučitev možnosti uporabe alternativnih optičnih podatkov daljinskega zaznavanja v procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe kot dopolnitev osnovnega vira podatkov (ortofota),
- razvoj metodologije za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, kjer smo se osredotočili na najpogostejše spremembe: zaraščanje trajnih travnikov, širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča, krčitve gozda na meji s kmetijskimi zemljišči, krčitve vinogradov in sadovnjakov ter spremembe trajnega travnika v njivo in obratno,
- zasnova uporabe sloja samodejno identificiranih sprememb v obstoječem procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe s ciljem optimizacije postopka vzdrževanja podatkov dejanske rabe.

Ciljno raziskovali projekt V2-1620: »Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč« smo izvajali med oktobrom 2016 in marcem 2018 Geodetski inštitut Slovenije, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU ter Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Naročnika projekta sta bila Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).

ANG

The common agricultural policy is one of the most important policies of the European Community. Common agricultural policy mechanisms include the direct payments, which represent a steady income for farmers and have a positive impact on the preservation of agricultural production and preservation of cultural landscape in Slovenia.

Data of actual land use of agricultural and forest land currently represent basic source for determining eligibility for obtaining direct payments and is updated on the basis of national orthophotos in three-year cycles. In some areas, information about actual land use is more than three years old, which causes problems in the process of determining eligibility for direct payments. It is therefore necessary to introduce an alternative source of information about the actual situation and to optimize the data maintenance process.

Up-to-date status of actual land use of agricultural and forest land is closely linked to the availability of state orthophotos, which are produced in the national projects of the Cyclical aerial photographing of Slovenia (CAS). Actual land use is updated yearly for the part the

national territory for which aerial images and orthophotos were produced in that year (CAS was carried out). Aerial photography is carried out in a period of two to four years, in exceptional circumstances this period may be extended, due to for example adverse weather conditions at the time of recording. Thus, the state orthophotos as a primary source of information for updating the actual land use, sometimes do not meet the requirements regarding up-to-date status. Possible solution is to use the alternative sources for actual land use updating, like remote sensing data, such as optical satellite imagery and lidar data.

The main objectives and results of the project were:

- examination of the possibility of using alternative optical data of remote sensing in the process of maintaining data of actual land use as a supplement to the basic data source (orthophoto)
- development of a methodology for automatic identification of changes in the actual land use, where we focused on the most common changes: overgrown permanent meadows, spreading of built-up areas to agricultural land, deforestation at the border with agricultural land, grubbing up of vineyards and orchards and changing permanent meadows field and vice versa
- the concept of using the layer of automatically identified changes in the existing process of maintaining actual land use with the aim of optimizing the process of maintaining the data of actual land use

Target research project V2-1620 was carried out between October 2016 and March 2018 by the Geodetic Institute of Slovenia, the Institute of Anthropological and Spatial Studies of the Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts and the Faculty of Civil and Geodetic Engineering of the University of Ljubljana. The contracting authority was the Ministry of Agriculture, Forestry and Food and the Slovenian Research Agency.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela oz. ciljev raziskovalnega projekta²

Predložen program dela je bil v celoti realiziran. Posamezna opravljena dela so podrobno opisana v Zaključnem poročilu projekta, ki se nahaja v prilogi **V2_1620_zakljucno_porocilo_31032018.pdf**.

V zaključnem poročilu je podrobno opisana analiza alternativnih podatkov daljinskega zaznavanja, ki jih lahko uporabimo za preučevanje sprememb dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč ter primeri dobrih praks iz tujine. Pri razvoju metodologij za samodejno identifikacijo sprememb smo se omejili na razpoznavo zaraščanja trajnih travnikov, širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča, krčitev gozda, vinogradov in sadovnjakov ter sprememb trajnih travnikov v njivo ali obratno. Preizkusili in valorizirali njihovo uporabnost smo tri pristope avtomatske identifikacije sprememb:

- analizo klasificiranih posnetkov ortofota in digitalnih modelov površja,
- analiza časovnih vrst Sentinel-2 ter
- samodejno analizo neposredne primerjave dveh ali več posnetkov (satelitskih ali letalskih).

Povzetek glavnih ugotovitev projekta:

- Z **analizo klasificiranih posnetkov**, ki je temeljila na vsaj 2 serijah ortofotov CAS in digitalnih modelih površja (CAS ali lidar) ter obstoječem sloju dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, smo z visoko stopnjo pravilnosti in popolnosti (81 %) **identificirali vse obravnavane spremembe dejanske rabe**: pozidana kmetijska zemljišča, zaraščanje trajnih travnikov, spremembe travnika v njivo ter krčitev gozda, sadovnjaka in vinograda.
- Z uporabo **opozorilnih slojev izdelanih s pomočjo analize klasificiranih posnetkov** pričakujemo optimizacijo procesa vzdrževanja dejanske rabe ob zagotavljanju enake stopnje kakovosti podatkov.
- Optimalni podatki za uporabo v samodejnih postopkih so, glede na metodologijo vzdrževanja podatkov in zahtevo po uporabi brezplačnih podatkov, **ortofoti CAS in digitalni model površja CAS**.
- Dobro alternativo državnemu ortofotu v času med dvema zaporednima snemanjema predstavljajo visokoločljivi satelitski podatki npr. Pléiades.
- Podatki **Sentinel-2** so, zaradi visoke časovne ločljivosti zelo uporabni za določanje

sprememb na trajnih travnikih in njivah, vendar le na večjih površinah (najmanjšo še zanesljivo identifikacijo pričakujemo na 0,1 ha veliki površini približno kvadratne oblike - 10 slikovnih elementov velikosti 10 m × 10 m).

Po zaključku projekta smo za naročnika Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano 27. 11. 2018 izvedli še javno predstavitev rezultatov projekta. Na njem smo predstavili **rezultate projekta in naknadno aplikacijo v projektu razvite metodologije** izdelave opozorilnih slojev, s pomočjo uporabe avtomatskega postopka klasificiranih posnetkov, v testno izvedbo pri obnovi dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v letu 2018. Po zaključku CRP projekta smo pri obnovi dejanske rabe 2018 testno uporabili 409 opozorilnih slojev velikosti razdelitve DTK5 izdelanih po metodologiji pripravljeni v CRP projektu.

Tako so bili realizirani vsi osnovni cilji iz prijave:

- preučiti možnosti uporabe alternativnih satelitskih in letalskih podatkov daljinskega zaznavanja za uporabo v procesu ugotavljanja upravičenosti do pridobitve neposrednih plačil
- razviti metodologijo za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe prostora
- zasnovati uporabo sloja sprememb v obstoječem procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe prostora s ciljem izboljšanja ažurnosti podatkov o dejanski rabi prostora kot osnovnega vira za ugotavljanje upravičenosti do pridobitve neposrednih plačil

ter prav tako podrobni cilji raziskovalnega projekta iz prijave:

- neposredna uporabnost metodologije samodejne identifikacije v obstoječem procesu MKGP pri vzdrževanju podatkov dejanske rabe prostora za ugotavljanje upravičenosti do pridobitve neposrednih plačil kmetovalcem,
- izboljšanja ažurnosti in kakovosti podatkov o dejanski rabi prostora kot osnovnega vira za ugotavljanje upravičenosti do pridobitve neposrednih plačil,
- hitrejše in kvalitetnejše posodabljanje obstoječih podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, ki so potrebni za izvajanje skupne kmetijske politike,
- zmanjšanje kontrol pri masovnem zajemu,
- povečanje uspešnosti kontrol upravičenosti do finančnih sredstev po posameznih ukrepih skupne kmetijske politike,
- zmanjšanje števila ugotovljenih nepravilnosti pri prijavi kmetijskih upravičencev,
- zmanjšanje števila terenskih kontrol.

Tako ocenjujemo, da so bili program dela in zastavljeni cilji iz prijave v celoti realizirani.

Po samem zaključku projekta in izdelavi zaključnega poročila (priloga V2_1620_zakljucno_porocilo_31032018.pdf) smo rezultate predstavili še na 3 konferencah in objavili 4 članke. Vse predstavitve in objave so podrobno opisane v rubrikah *Najpomembnejši dosežki*: 7, 8, 9.

Najpomembnejši rezultati so tudi predstavljeni v slovenščini in angleščini na spletni strani projekta: <http://www.gis.si/sl/predstavitev-projektov/v2-1620> .

Projekt in njegovi rezultati pa je omenjen tudi v okviru PILOT4CAP opisa projektov: <https://g4cap.jrc.ec.europa.eu/G4CAP/Default.aspx?tabid=354> (glej pod ItemID=26).

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Kot je bilo opisano v rubriki 4. *Poročilo o realizaciji predloženega programa dela oz. ciljev raziskovalnega projekta* je bil program dela v celoti realiziran. Raziskovalni rezultati so bili predstavljeni v obliki konferenčnih predstavitev in objav v slovenskih in tujih revijah.

6. Spremembe programa dela raziskovalnega projekta oziroma spremembe sestave projektne skupine⁴

Ni bilo sprememb.

7. Najpomembnejši dosežki projektne skupine na raziskovalnem področju⁵

Dosežek														
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>43706157</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Odkrivanje nepravilnosti pri rabi kmetijskih zemljišč s pomočjo veččasovnih Sentinel-2 posnetkov v podporo spremljanju skupne kmetijske politike</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Sentinel-2 based temporal detection of agricultural land use anomalies in support of common agricultural policy monitoring</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td> <p>Reforma skupne kmetijske politike (SKP) za obdobje po letu 2020 bo temeljito preoblikovala postopke za nadzor rabe kmetijskih zemljišč, in sicer iz selektivne obravnave kmetijskih zemljišč v pristop, ki bo zajemal prav vsa kmetijska zemljišča. Reforma spodbuja uporabo podatkov Sentinel in s tem želi zagotoviti večjo preglednost in primerljivost rezultatov SKP tudi v različnih državah članicah. V prispevku proučujemo pristop z analizo časovne vrste satelitskih posnetkov Sentinel-2 in primernosti metode BFAST (Prelomi za aditivno sezono in trend) za odkrivanje sprememb, ki lahko pomenijo nepravilnosti pri rabi zemljišč v oceni kmetijske parcele (način upravljanja). Osredotočeni smo na ugotavljanje izbranih znakov neupravičene rabe trajnih travnikov (npr. oranje) in njiv (npr. opuščanje, zaraščanje) v eni rastni sezoni. Zlasti na tiste znake, ki jih lahko povežemo s časovno opredeljeno zelenostjo (vitalnost vegetacije). Ker je za študijo anomalij na podlagi historičnega trenda podatkovni niz podatkov satelita Sentinel-2 še zelo omejen (podatki so na voljo od leta 2015 naprej), uvajamo razširjen postopek, ki vključuje preverjanje rezultatov odkrivanja anomalij z metodo BFAST Monitor še na osnovi lastnosti časovnih profilov zemljišč. Ovrednotenje rezultatov odkrivanja neupravičene rabe na zemljišču je bilo opravljeno s podatki o letni porabi prijavljenih zemljišč in terenskim nadzorom, pridobljenih v okviru dodeljevanja subvencij v Sloveniji. Rezultati potrjujejo, da je predlagani kombinirani pristop učinkovit pri obravnavanju kratkih časovnih vrst (podatki za zgolj tri leta) in daje zanesljive rezultate pri spremljanju vegetacijskega stanja na kmetijski parceli. Kot tak se predlagani postopek lahko že upelje kot pripomoček pri nadzoru rabe na kmetijskih zemljiščih tudi v fazi priprave in prilagajanja za načrtovane spremembe v SKP.</p> </td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td> <p>The European Common Agricultural Policy (CAP) post-2020 timeframe reform will reshape the agriculture land use control procedures from a selected risk fields-based approach into an all-inclusive one. The reform fosters the use of Sentinel data with the objective of enabling greater transparency and comparability of CAP results in different Member States. In this paper, we investigate the analysis of a time series approach using Sentinel-2 images and the suitability of the BFAST (Breaks for Additive Season and Trend) Monitor method to detect changes that correspond to land use anomaly observations in the assessment of agricultural parcel management activities. We focus on identifying certain signs of ineligible (inconsistent) use in permanent meadows and crop fields in one growing season, and in particular those that can be associated with time-defined greenness (vegetation vigor). Depending on the requirements of the BFAST Monitor method and currently time-limited Sentinel-2 dataset for the reliable anomaly study, we introduce customized procedures to support and verify the BFAST Monitor anomaly detection results using the analysis of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) object-based temporal profiles and time-series standard deviation output, where geographical objects of interest are parcels of particular land use. The validation of land use candidate anomalies in view of land use ineligibilities was performed with the information on declared land annual use and field controls, as obtained in the framework of subsidy granting in Slovenia. The results confirm that the proposed combined approach proves efficient to deal with short time series and yields high accuracy rates in monitoring agricultural parcel greenness. As such it can already</p> </td> </tr> </table>	COBISS ID	43706157	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Odkrivanje nepravilnosti pri rabi kmetijskih zemljišč s pomočjo veččasovnih Sentinel-2 posnetkov v podporo spremljanju skupne kmetijske politike	ANG	Sentinel-2 based temporal detection of agricultural land use anomalies in support of common agricultural policy monitoring	Opis	SLO	<p>Reforma skupne kmetijske politike (SKP) za obdobje po letu 2020 bo temeljito preoblikovala postopke za nadzor rabe kmetijskih zemljišč, in sicer iz selektivne obravnave kmetijskih zemljišč v pristop, ki bo zajemal prav vsa kmetijska zemljišča. Reforma spodbuja uporabo podatkov Sentinel in s tem želi zagotoviti večjo preglednost in primerljivost rezultatov SKP tudi v različnih državah članicah. V prispevku proučujemo pristop z analizo časovne vrste satelitskih posnetkov Sentinel-2 in primernosti metode BFAST (Prelomi za aditivno sezono in trend) za odkrivanje sprememb, ki lahko pomenijo nepravilnosti pri rabi zemljišč v oceni kmetijske parcele (način upravljanja). Osredotočeni smo na ugotavljanje izbranih znakov neupravičene rabe trajnih travnikov (npr. oranje) in njiv (npr. opuščanje, zaraščanje) v eni rastni sezoni. Zlasti na tiste znake, ki jih lahko povežemo s časovno opredeljeno zelenostjo (vitalnost vegetacije). Ker je za študijo anomalij na podlagi historičnega trenda podatkovni niz podatkov satelita Sentinel-2 še zelo omejen (podatki so na voljo od leta 2015 naprej), uvajamo razširjen postopek, ki vključuje preverjanje rezultatov odkrivanja anomalij z metodo BFAST Monitor še na osnovi lastnosti časovnih profilov zemljišč. Ovrednotenje rezultatov odkrivanja neupravičene rabe na zemljišču je bilo opravljeno s podatki o letni porabi prijavljenih zemljišč in terenskim nadzorom, pridobljenih v okviru dodeljevanja subvencij v Sloveniji. Rezultati potrjujejo, da je predlagani kombinirani pristop učinkovit pri obravnavanju kratkih časovnih vrst (podatki za zgolj tri leta) in daje zanesljive rezultate pri spremljanju vegetacijskega stanja na kmetijski parceli. Kot tak se predlagani postopek lahko že upelje kot pripomoček pri nadzoru rabe na kmetijskih zemljiščih tudi v fazi priprave in prilagajanja za načrtovane spremembe v SKP.</p>	ANG	<p>The European Common Agricultural Policy (CAP) post-2020 timeframe reform will reshape the agriculture land use control procedures from a selected risk fields-based approach into an all-inclusive one. The reform fosters the use of Sentinel data with the objective of enabling greater transparency and comparability of CAP results in different Member States. In this paper, we investigate the analysis of a time series approach using Sentinel-2 images and the suitability of the BFAST (Breaks for Additive Season and Trend) Monitor method to detect changes that correspond to land use anomaly observations in the assessment of agricultural parcel management activities. We focus on identifying certain signs of ineligible (inconsistent) use in permanent meadows and crop fields in one growing season, and in particular those that can be associated with time-defined greenness (vegetation vigor). Depending on the requirements of the BFAST Monitor method and currently time-limited Sentinel-2 dataset for the reliable anomaly study, we introduce customized procedures to support and verify the BFAST Monitor anomaly detection results using the analysis of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) object-based temporal profiles and time-series standard deviation output, where geographical objects of interest are parcels of particular land use. The validation of land use candidate anomalies in view of land use ineligibilities was performed with the information on declared land annual use and field controls, as obtained in the framework of subsidy granting in Slovenia. The results confirm that the proposed combined approach proves efficient to deal with short time series and yields high accuracy rates in monitoring agricultural parcel greenness. As such it can already</p>
COBISS ID	43706157	Vir: COBISS.SI												
Naslov	SLO	Odkrivanje nepravilnosti pri rabi kmetijskih zemljišč s pomočjo veččasovnih Sentinel-2 posnetkov v podporo spremljanju skupne kmetijske politike												
	ANG	Sentinel-2 based temporal detection of agricultural land use anomalies in support of common agricultural policy monitoring												
Opis	SLO	<p>Reforma skupne kmetijske politike (SKP) za obdobje po letu 2020 bo temeljito preoblikovala postopke za nadzor rabe kmetijskih zemljišč, in sicer iz selektivne obravnave kmetijskih zemljišč v pristop, ki bo zajemal prav vsa kmetijska zemljišča. Reforma spodbuja uporabo podatkov Sentinel in s tem želi zagotoviti večjo preglednost in primerljivost rezultatov SKP tudi v različnih državah članicah. V prispevku proučujemo pristop z analizo časovne vrste satelitskih posnetkov Sentinel-2 in primernosti metode BFAST (Prelomi za aditivno sezono in trend) za odkrivanje sprememb, ki lahko pomenijo nepravilnosti pri rabi zemljišč v oceni kmetijske parcele (način upravljanja). Osredotočeni smo na ugotavljanje izbranih znakov neupravičene rabe trajnih travnikov (npr. oranje) in njiv (npr. opuščanje, zaraščanje) v eni rastni sezoni. Zlasti na tiste znake, ki jih lahko povežemo s časovno opredeljeno zelenostjo (vitalnost vegetacije). Ker je za študijo anomalij na podlagi historičnega trenda podatkovni niz podatkov satelita Sentinel-2 še zelo omejen (podatki so na voljo od leta 2015 naprej), uvajamo razširjen postopek, ki vključuje preverjanje rezultatov odkrivanja anomalij z metodo BFAST Monitor še na osnovi lastnosti časovnih profilov zemljišč. Ovrednotenje rezultatov odkrivanja neupravičene rabe na zemljišču je bilo opravljeno s podatki o letni porabi prijavljenih zemljišč in terenskim nadzorom, pridobljenih v okviru dodeljevanja subvencij v Sloveniji. Rezultati potrjujejo, da je predlagani kombinirani pristop učinkovit pri obravnavanju kratkih časovnih vrst (podatki za zgolj tri leta) in daje zanesljive rezultate pri spremljanju vegetacijskega stanja na kmetijski parceli. Kot tak se predlagani postopek lahko že upelje kot pripomoček pri nadzoru rabe na kmetijskih zemljiščih tudi v fazi priprave in prilagajanja za načrtovane spremembe v SKP.</p>												
	ANG	<p>The European Common Agricultural Policy (CAP) post-2020 timeframe reform will reshape the agriculture land use control procedures from a selected risk fields-based approach into an all-inclusive one. The reform fosters the use of Sentinel data with the objective of enabling greater transparency and comparability of CAP results in different Member States. In this paper, we investigate the analysis of a time series approach using Sentinel-2 images and the suitability of the BFAST (Breaks for Additive Season and Trend) Monitor method to detect changes that correspond to land use anomaly observations in the assessment of agricultural parcel management activities. We focus on identifying certain signs of ineligible (inconsistent) use in permanent meadows and crop fields in one growing season, and in particular those that can be associated with time-defined greenness (vegetation vigor). Depending on the requirements of the BFAST Monitor method and currently time-limited Sentinel-2 dataset for the reliable anomaly study, we introduce customized procedures to support and verify the BFAST Monitor anomaly detection results using the analysis of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) object-based temporal profiles and time-series standard deviation output, where geographical objects of interest are parcels of particular land use. The validation of land use candidate anomalies in view of land use ineligibilities was performed with the information on declared land annual use and field controls, as obtained in the framework of subsidy granting in Slovenia. The results confirm that the proposed combined approach proves efficient to deal with short time series and yields high accuracy rates in monitoring agricultural parcel greenness. As such it can already</p>												

	Dosežek	
		be introduced to help the process of agricultural land use control within certain CAP activities in the preparation and adaptation phase.
	Objavljeno v	MDPI; ISPRS international journal of geo-information; 2018; Vol. 7, iss. 10; str. 1-24; Impact Factor: 1.723; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.516; A': 1; WoS: KV, SR; Avtorji / Authors: Kanjir Urška, Đurić Nataša, Veljanovski Tatjana
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	43527213 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Samodejna razpoznavna zaraščanja na primeru kraških travnikov
		<i>ANG</i> Automatic recognition of overgrowth of agricultural land in the Karst region
	Opis	<i>SLO</i> Zaraščanje kmetijskih zemljišč in posledično njihovo opuščanje predstavlja resen problem v Sloveniji. Identifikacija zaraščanja je zelo pomembna tako z vidika vzpostavitve trajnega sistema spremljanja zaraščanja kot tudi za oceno upravičenosti do kmetijskih subvencij z namenom zmanjšanja stopnje opuščanih zemljišč. V Sloveniji se zaraščanje vodi v evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, ki ima dve pomanjkljivosti za ta namen uporabe. Prvič, metodologija zajema se je z leti spreminjala in zato podatki niso primerni za trajno spremljanje zaraščanosti in drugič, metoda zajema z ročno fotointerpretacijo ortofotov je zelo zahtevna in časovno potratna. V tem prispevku predlagamo časovno neodvisno metodologijo identifikacije zaraščanja, ki temelji na avtomatski objektno usmerjeni analizi ortofotov in višinskih podatkov.
		<i>ANG</i> Overgrowth of agricultural land and consequently its abandonment is becoming a serious problem in Slovenia. Identification of overgrowth is very important for establishment of permanent monitoring of the overgrowth in the first place and for evaluation of agricultural policy with the aim of reducing the rate of abandonment land. Traditionally monitoring of overgrowth is based on agricultural and forest land use data, which has two main disadvantages. Firstly, data based on different versions of methodology are inappropriate for permanent monitoring and secondly overgrowth photointerpretation of orthophotos time series is very complex and time demanding. Therefore, we propose a time independent methodology based on automatic object-based image analysis of orthophotos and height data.
	Objavljeno v	Založba ZRC; Pokrajina v visoki ločljivosti; 2018; Str. 103-113; Avtorji / Authors: Mesner Nika, Tič Katja, Mangafić Alen, Triglav Čekada Mihaela
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
3.	COBISS ID	43644973 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Analiza časovnih vrst Sentinel-2 za zaznavanje neskladne rabe na trajnih travnikih
		<i>ANG</i> Analysis of Sentinel-2 time series for detection of ineligible use in permanent meadows
	Opis	<i>SLO</i> V prispevku obravnavamo zmožnosti interpretacije masovnih satelitskih podatkov za prepoznavanje neupravičene rabe na primeru trajnih travnikov. Prepoznati želimo znake oranja ali druge trajnejše spremembe oziroma anomalije v pokrovnosti travnika. Pri analizi smo se osredotočili na triletno časovno serijo satelitskih posnetkov Sentinel-2. Vzorec izbranih trajnih travnikov smo analizirali s tremi pristopi: z metodo časovnih vrst BFAST Monitor, s standardnim odklonom časovne vrste ter z analizo časovnih profilov. S slednjima dvema metodama smo, poleg same uporabnosti za odkrivanje nepravilnosti, preverili zanesljivost prve metode, saj je lahko ta pri kratki časovni vrsti podatkov omejena. Anomalije se v primeru analize BFAST Monitor kažejo kot odkloni od

		Dosežek	
			<p>zgodovinskega trenda, pri časovnih pri časovnih profilih pa je ta pokazatelj padec vrednosti NDVI ter povečan standardni odklon. Dobljeni rezultati kažejo na uporabnost podatkov Sentinel-2 in primernost metodologije analize časovnih vrst za odkrivanje neupravičene rabe trajnih travnikov.</p>
		ANG	<p>In this paper, we are dealing with the ability to interpret mass satellite data for identification of un-justified uses of permanent meadows. We want to identify ploughing or other permanent changes or anomalies in the grassland land cover. For the analysis, we focused on the three-year time series of Sentinel-2 satellite images. These were analysed on a sample of selected permanent meadows using three different approaches: BFAST Monitor time series method, the standard deviation of time series and the analysis of time profiles. With the latter two methods in addition to test their ability to detect irregularities, we also validated the first method since it can be limited while dealing with short time series. The anomalies while using BFAST Monitor method are seen as a deviation from the historical trend, in time profiles as a drop of the NDVI values and as an increase of standard deviation. The results indicate usefulness of Sentinel-2 data and suitability of the time series analysis methodology to detect unjustified use of permanent meadows.</p>
		Objavljeno v	Založba ZRC; Pokrajina v visoki ločljivosti; 2018; Str. 93-102; Avtorji / Authors: Đurić Nataša, Kanjir Urška, Veljanovski Tatjana
		Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
4.	COBISS ID	63506018	Vir: COBISS.SI
		Naslov	SLO Navidezna zvrnjenost objektov na državnem ortofotu ali kaj moramo vedeti, ko uporabljamo državni ortofoto?
		ANG	Radial displacement of objects on the national orthophoto or what we should know when using national orthophoto?
		Opis	SLO <p>Državni ortofoto merila 1 : 5000, narejen na osnovi posnetkov Cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS) in digitalnega modela reliefa (DMR), je najbolj pogosto uporabljen vir za različne GIS analize in fotointerpretacijo. Uporablja se ga tudi kot osnovni vir za zajem dejanske rabe kmetijskih zemljišč. Na tem sloju prikazujemo tudi druge vektorske ali rasterske sloje, ki so lahko tudi položajno bolj natančni od ortofota. Uporabniki ortofota se največkrat ne zavedajo, da ima lahko ortofoto tudi položajne napake. Zato v tem članku, preko geometrijskih povezav posnetka in prikaza ortofota, izpeljemo največjo zvrnjenost objektov, ki se nahajajo nad ali pod DMR. Ugotovimo, da zvrnjenost višjih objektov na ortofotu, kot so višje skalne stene (višina 50 m), višje stavbe (npr. cerkvenih zvonikov) in gozdni rob, lahko presega dovoljena položajna odstopanja ortofota, vsaj v skrajnih primerih, ko se ti objekti nahajajo blizu šiva med dvema ortofotoma. Omenimo tudi ortofote, narejene s pomočjo brezpilotnih letalnikov, kjer je problematika položajne točnosti še širša, saj za njegovo izdelavo ne uporabljamo DMR-jev enovite točnosti, kot pri izdelavi državnega ortofota.</p>
		ANG	<p>The Slovenian national orthophoto in the scale 1 : 5000 is made from the Cyclical Aerophotogrammetric Survey (CAS) images and the digital terrain model (DTM). It is the most widely used spatial source for a variety of GIS analyses and visual photointerpretation in Slovenia. It is used also as a main source for acquisition of changes in the actual use of agricultural land. Different vector or raster spatial layers can be shown on it, which may be more precise than the orthophoto. The users of the orthophoto are often not aware, that orthophoto may include positional errors. Using the geometrical connection between the original image and the orthophoto we derive the maximal radial displacement expected on orthophoto for objects of different height above or below the DTM. We</p>

	Dosežek	
		show that radial displacement of higher objects, like higher rocky cliffs (height 50 m), tall buildings (like church towers) and forest edge, may exceed the permitted positional error of the orthophoto, at least in the extreme cases when these objects are located near the seam lines of the orthophoto. We also mention orthophotos made from images of unmanned aerial vehicles (drones), where the problem of its positional accuracy is even broader, as for their production the DTM with nonuniform vertical accuracy is used.
	Objavljeno v	Zveza geografskih društev Slovenije; Geografski vestnik; 2016; 88, [št.] 1; str. 121-135; Avtorji / Authors: Triglav Čekada Mihaela
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	8709217 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Primerjalna analiza modelov pokrovnosti in rabe zemljišč v izbranih državah
		<i>ANG</i> Comparative analysis of land cover and land use models in selected countries
	Opis	<i>SLO</i> V prispevku so predstavljeni modeli pokrovnosti in rabe zemljišč v Avstriji, Nemčiji, na Nizo zemskem in v Veliki Britaniji ter aktivnosti v okviru evropskih projektov EAGLE, HELM in LUCAS. Posamezne države so modele pokrovnosti in rabe zemljišč vzpostavile glede na svoje potrebe ter jih različno uskladile z mednarodnimi prostorskimi podatki. Za vzpostavitev državne baze podatkov o pokrovnosti in rabi zemljišč lahko uporabimo tudi podatke o rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč, vzpostavljene za namen izvajanja evropske kmetijske politike. V Sloveniji se podatki o pokrovnosti, ki jih je vzpostavil Statistični urad Republike Slovenije, ne vzdržuje jo več. Podatki kmetijskega ministrstva, ki se vzdržujejo, pa ne pokrivajo z enako podrobnostjo vseh rab. V prispevku predstavljena primerjalna analiza modelov nam lahko služi kot razmislek ter izhodišče k vzpostavitvi modela pokrovnosti in rabe zemljišč tudi v Sloveniji.
		<i>ANG</i> This paper presents land cover and land use models in Austria, Germany, The Netherlands, and Great Britain and the activities under the European projects EAGLE, HELM and LUCAS. These models have been set up for, and depending on, national requirements and also depending on international spatial data harmonisation. The data on land use of agricultural and forest land, set up for the purpose of implementing the Common (European) Agricultural Policy, are also applicable for setting up the national data base on land cover and land use. In Slovenia, the land cover data set up by the Statistical Office of the Republic of Slovenia are no longer updated, while the data by the ministry responsible for agriculture do not cover all land uses with the same level of detail. The comparative analysis of the models can serve as a reflection and starting point for the establishment of a land cover and land use model in Slovenia as well.
	Objavljeno v	Zveza geografskih društev Slovenije; Geografski vestnik; 2018; 90, [št.] 1; str. 97-114; A': 1; Avtorji / Authors: Foški Mojca, Đurić Nataša, Tič Katja, Triglav Čekada Mihaela
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek

8. Najpomembnejši dosežek projektne skupine na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti⁶

	Dosežek	
1.	COBISS ID	8568673 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Rezultati projekta: Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč

Dosežek		
	ANG	Project results: Automatic procedures for the identification of changes in the actual use of agricultural land
Opis	SLO	V strokovnem članku so na kratko so predstavljeni vsi bistveni rezultati projekta. Opisana je analiza alternativnih podatkov daljinskega zaznavanja, ki jih lahko uporabimo za preučevanje sprememb dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Opisana je metodologija za samodejno identifikacijo sprememb, kjer smo se omejili na razpoznavo zaraščanja trajnih travnikov, širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča, krčitev gozda, vinogradov in sadovnjakov ter sprememb trajnih travnikov v njivo ali obratno. Preizkusili smo tri pristope avtomatske identifikacije sprememb: analizo klasificiranih posnetkov ortofota in digitalnih modelov površja, analiza časovnih vrst Sentinel-2 ter samodejno analizo neposredne primerjave dveh ali več posnetkov (satelitskih ali letalskih).
	ANG	This professional paper briefly presents all the essential results of the project. An analysis of alternative data of remote sensing is described, which can be used to study changes in the actual land use of agricultural and forest land. The methodology for automatic identification of changes has been described, where we limited ourselves to recognizing the overgrowing of permanent meadows, spreading of built-up areas to agricultural land, deforestation of forests, vineyards and orchards, and changes of permanent meadows into the field or vice versa. We tested three approaches to automatic identification of changes: the analysis of classified orthophoto images and digital surface models, the analysis of Sentinel-2 time series, and an automatic analysis of a direct comparison of two or more images (satellite or aerial).
Šifra	F.30 Strokovna ocena stanja	
Objavljeno v	Zveza geodetov Slovenije; Geodetski vestnik; 2018; Letn. 62, št. 3; str. 501-509; Impact Factor: 0.337; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.003; WoS: KU; Avtorji / Authors: Mesner Nika, Mangafič Alen, Tič Katja, Veljanovski Tatjana, Kanjir Urška, Đurić Nataša, Foški Mojca, Triglav Čekada Mihaela	
Tipologija	1.04 Strokovni članek	
2.	COBISS ID	8202337 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Somentorstvo magistrskemu delu: Objektna klasifikacija podatkov ortofota in laserskega skeniranja za aplikacijo v prostorskem načrtovanju
	ANG	Co-tutor in the master thesis: Orthophoto and lidar data object classification for application in spatial planning
Opis	SLO	<p>dr. Mojca Foški (UL FG) je bila somentorica magistrskemu delu, ki obravnava problematiko, ki smo jo obravnavali tudi v tem CRP projektu.</p> <p>Povzetek magistrskega dela:</p> <p>V magistrski nalogi obravnavamo problematiko določitve nezazidanih stavbnih zemljišč, katerih podatki o lokaciji in površini so težava marsikatere občine. Kljub temu da je ročno posodabljanje podatkovnih slojev časovno in finančno zahtevno, se postopki samodejnega posodabljanja le redko uporabljajo. Metodologija določitve nezazidanih stavbnih zemljišč, predstavljena v pričujoči magistrski nalogi, temelji na sodobnih postopkih objektno usmerjene analize, s katero določimo pokrovnost zemljišč in interpretacijo zazidanih stavbnih zemljišč. S prostorskim presekom v GIS okolju in obdelavo (čiščenjem) podatkov ustvarimo sloj potencialno nezazidanih stavbnih zemljišč. Zasnovano metodologijo smo preizkusili na treh študijskih območjih v Občini Trebnje, rezultate - sloje nezazidanih stavbnih zemljišč - pa primerjali s slojem, ustvarjenim na podlagi vizualne interpretacije in vektorizacije. Ugotovili</p>

	Dosežek	
		smo, da avtomatski zajem nezazidanih stavbnih zemljišč ob dopolnjevanju z ročnim zajemom lahko doseže kakovost primerljivo ročnemu zajemu.
	ANG	<p>dr. Mojca Foški (UL FGG) was a co-tutor to the master's thesis dealing with the issues we dealt with also within this CRP project.</p> <p>Abstract of master thesis: In presented master thesis we are dealing with problematics of delineating vacant building lands. Precise data about location and area of such plots of land are a major problem of many municipalities in Slovenia. Manually updating such spatial data demands extensive financial budget and is often time consuming. However, automatic updating is only rarely used. Presented methodology of delineating vacant building lands uses modern concepts of object-based classification to produce land cover layer and built up areas. Using GIS and spatial overlays we create potentially vacant building lands layer, which is further investigated and enhanced. As a result, we present approximated layer of vacant building lands. Presented methodology was tested on three study areas in municipality Trebnje and results were compared to vacant building lands layer created with visual interpretation and vectorisation. As results show, automated delineation of vacant building land combined with visual interpretation can achieve comparable quality as visual interpretation only.</p>
	Šifra	D.10 Pedagoško delo
	Objavljeno v	[D. Jenko]; 2017; VII, 61 str.; Avtorji / Authors: Jenko Dejan
	Tipologija	2.09 Magistrsko delo
3.	COBISS ID	8295777 Vir: vpis v obrazec
	Naslov	<p><i>SLO</i> Izobraževanje z naslovom »Obdelava in uporaba lidar podatkov« namenjena strokovni javnosti, 5. 12. 2017, Nova Gorica</p> <p><i>ANG</i> Lectures titled »Processing and the use of Lidar data« intended for the professional public, 5. 12. 2017, Nova Gorica</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> V decembru 2017 sva Mihaela Triglav Čekada in Alen Mangafić (Geodetski inštitut Slovenije) izvedla izobraževanje namenjeno strokovni javnosti. Na njem smo predstavili Lasersko skeniranje Slovenije 2014-2015, Ciklično aerofotografiranje Slovenije ter možnosti uporabe takih podatkov v odprtokodnem programu QGIS.</p> <p><i>ANG</i> In December 2017, we have conducted (Mihaela Triglav Čekada and Alen Mangafić, Geodetic institute of Slovenia) training for the professional public. We presented the Laser Scanning of Slovenia 2014-2015, the Cyclical Aerial Surveying of Slovenia and the possibility how to use such data in the QGIS Open Source Program.</p>
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	COBISS.SI-ID 8295777, 8296289
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela
4.	COBISS ID	41267501 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Program Kopernik bo vključeval več kot 30 satelitov</p> <p><i>ANG</i> Program Copernicus will include more than 30 satellites</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> V dnevem časopisu Delo so avtorji predstavili program Kopernik. S tem se je vedenje o potencialu uporabe satelitskih tehnologij in o prosto-dostopnih satelitskih posnetkih, ki smo jih uporabljali tudi v okviru tega CRP projekta (npr. Sentinel-2), predstavilo na poljuden način splošni javnosti.</p> <p>In the daily newspaper Delo, the authors presented the Copernicus program. With this, the knowledge of the potential of using satellite</p>

	Dosežek	
	ANG	technologies and about freely available satellite imagery, which we also used in the framework of this CRP project (e.g. Sentinel-2), was presented to the general public.
	Šifra	F.30 Strokovna ocena stanja
	Objavljeno v	Delo; Delo; 2017; Leto 59, št. 50; str. 14; Avtorji / Authors: Kanjir Urška, Pehani Peter, Veljanovski Tatjana, Đurić Nataša, Kokalj Žiga
	Tipologija	1.05 Poljudni članek
5.	COBISS ID	40181037 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Opazovanje motenj v gozdovih s satelitskimi posnetki nizke prostorske ločljivosti
		ANG Observations of disturbances in forests with satellite imagery of low spatial resolution
	Opis	SLO V prispevku so predstavljene zmožnosti uporabe satelitskih posnetkov nizke prostorske ločljivosti za opazovanje motenj v gozdovih kot so požari, žledolomi, vetrolomi, nedovoljene sečnje in drugi dogodki. V študiji smo se osredinili na satelitske podatke senzorjev SPOT-VEGETATION in PROBA-V, ki sta namenjena spremljanju vegetacije. Zanju smo pridobili časovno vrsto opazovanj dolgo več kot deset let. Razvili smo metodo s katero velikost in stopnjo motenj določamo z vegetacijskimi indikatorji s katerimi lahko navkljub razmeroma nizki prostorski a visoki časovni ločljivosti zaznamo intenzivneje izražene motnje različnih izvorov. Zmožnost zaznave različnih dogodkov smo preučevali na ravni posameznih gozdnogospodarskih enot, vendar je v primeru motnje v manjšem obsegu smiselno v časovni vrsti opazovati le prizadeto območje.
		ANG This paper presents the possibility of using satellite images of low spatial resolution for the observation of disturbances in forests such as fires, ice sleet damage, wind breakages, illegal logging and other events. In the study we focused on the SPOT-VEGETATION and PROBA-V satellite data, which are used for vegetation monitoring. For them we acquired long-term time series of observations with span off more than a decade. We developed new method for determination of the extent and the degree of disturbances by the vegetation indicators that are able to detect intensely expressed disturbances of various origins, despite of its relatively low spatial, but high temporal resolution. The capability to detect various events was investigated at the level of individual forest management units, but in the case of a disturbance of a smaller extent it is more reasonable to observe only the affected area.
	Šifra	B.06 Drugo
	Objavljeno v	Založba ZRC; Digitalni podatki; 2016; Str. 115-134; Avtorji / Authors: Veljanovski Tatjana, Marsetič Aleš, Čotar Klemen, Oštir Krištof
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Druge predstavitve rezultatov projekta na tujih konferencah:

Triglav Čekada, Mihaela, Mesner, Nika, Veljanovski, Tatjana, Tisu, Miran (2018). Automatic procedures for the identification of changes in the actual use of agricultural land. V: Workshop on checks and management of agricultural land in IACS, IACS workshop, Vilnius, Lithuania. https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/11_automation_si.pdf . [COBISS.SI-ID 8472161]

Kanjir, Urška, Đurić, Nataša, Veljanovski, T. (2018): Sentinel-2 time series based automatic

detection of agriculture land use anomalies. V: GEOBIA in a changing world : from pixels to ecosystems and global sustainability : program. [S. l.: s. n. 2018], str. 37. [COBISS.SI-ID 43398189]

Mesner, Nika, Tič, Katja, Mangafić, Alen, Rotter, Alenka (2017): Monitoring the overgrowth and abandonment of agricultural land. V: MARS : 23rd annual conference, 28-29 November 2017, Gormanston, Ireland. [S. l.]: Monitoring agricultural resources. 1-9, https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/24_autom_mesner.pdf. [COBISS.SI-ID 8297313]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

10.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Raziskovalna naloga je bila zasnovana popolnoma aplikativno z neposredno uporabnostjo za naročnika, kar je tudi smisel ciljnega raziskovalnega projekta. Vzpostavljena je bila izboljšana metodologija in postopek ugotavljanja sprememb dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

S stališča znanosti in stroke sta ključni inovaciji projekta uporaba naprednih metod daljinskega zaznavanja in kombinacija različnih tehnik za pridobitev izvornih podatkov (satelitskih, zračnih). Uporabljeni so bili obstoječi in nekateri novi viri, ki pa niso podražili postopkov pridobivanja podatkov. Z znanstvenega vidika je bil izveden bistven premik iz ročnih metod identifikacije sprememb v samodejne metode identifikacije sprememb s čim večjo verjetnostjo pravilne razpoznave tipa spremembe, kar je še vedno nerešen problem tudi v svetovnem merilu.

Inovativnost predloga je v delni nadomestitvi klasičnega podatkovnega vira z večinoma prosto dosegljivimi satelitskimi in zračnimi snemanji v postopku ugotavljanja sprememb dejanske rabe tal. Klasični podatkovni vir (digitalni ortofoto) ima namreč fiksirano in zaradi tega predolgo periodo ažuriranja podatkov, kar lahko privede do napačnih odločitev pri dodeljevanju neposrednih plačil kmetijskim gospodarstvom. Uporabili smo semantično pravilnejši način definicije in klasifikacije vrste sprememb dejanske rabe. Upoštevali smo primere dobrih praks v tujini, kar je povečalo strokovno relevantnost in mednarodno primerljivost projekta. Priporočeni in predpisani podatki za kontrolo dodeljevanja neposrednih plačil, ki jih zahteva Evropska komisija, bodo nadgrajeni z alternativnimi podatki različnih novih platform (zračno lasersko skeniranje, satelit Sentinel-2). Nadalje je bila definicija sloja sprememb fokusirana le na objekte in površine, ki so relevantne za naročnika oz. za spremljanje kmetijske pridelave, kar v metodologiji daljinskega zaznavanja sprememb omogoča uporabo ozko ciljanih metod, ki so lahko učinkovitejše od splošnih metod. Osredotočili smo se na naslednje spremembe: zaraščanje trajnih travnikov, širjenje urbanih površin na kmetijska zemljišča in krčenje gozdov. Novost bo tudi pomensko in numerično definiranje lastnosti sprememb dejanske rabe kot so vrsta spremembe, površina in časovna komponenta spremembe, kar bo povečalo objektivnost in uporabnost rezultatov.

Eksperimentirali smo tako z brezplačnimi kot tudi komercialnimi satelitskimi posnetki in s podatki zračnega laserskega skeniranja, ki so v Sloveniji brezplačni. Vrednotili smo uporabnost brezplačnih satelitskih posnetkov slabše ločljivosti v primerjavi s komercialnimi posnetki visoke ločljivosti. Ker so brezplačni (odprti) podatki satelita Sentinel-2 in nacionalnega laserskega skeniranja novost, je raziskava tudi mednarodno zanimiva, saj podatkov laserskega skeniranja za celotno območje države nimajo povsod, če pa že obstajajo, pa običajno niso brezplačno dostopni.

Vrednotili smo več različnih pristopov identifikacije sprememb. Izdelali smo optimalno metodologijo glede na stroške, razpoložljivost podatkov in druge parametre. Večina opisanih pristopov je uporabila najnovejše znanstvene metode in podatke s kompromisnimi, popolnoma aplikativnimi rešitvami. Popolnost in geometrijska pravilnost zajetih sprememb dejanske rabe bosta nadzorovani in numerično ovrednoteni tako za klasični, kot tudi za izboljšani postopek identifikacije.

Za diseminacijo znanja smo poskrbeli s sprotnimi predstavitevami rezultatov naročniku in drugim državnim resorjem ter z objavo različnih strokovnih člankov za splošno strokovno javnost.

ANG

This project was designed as an applied expertise, which is directly applicable for the client. This is also the intention of such kind of target research projects. The improved methodology and the process of determining the changes of the actual land use of agricultural and forest land was established.

From the standpoint of science and profession, the key innovative aspect is the use of advanced remote sensing methods and a combination of different techniques to obtain the source data (satellite, aerial). The process of data acquisition with the use of existing and selected new source data is not more expensive than in the classical procedure. From a scientific point of view, a substantial shift from manual to automated methods of land use change identification was made in a way to maximize the probability of correct recognition for the type of land use change, which is an unsolved problem on a global scale.

Innovativeness of the proposal lies in a partial replacement of the classic data source with the freely available satellite and aerial imagery in the process of determining the actual changes in land use. Classical data source (digital orthophoto) has a fixed and therefore too long period of updating, which may lead to wrong decisions in the allocation of direct payments to farmers. Semantically more correct way of definitions and classifications of the types of changes of actual land use were utilized. The examples of good practice abroad were considered. This increased the professional relevance and international comparability of the project results. The recommended and prescribed information to control the allocation of direct payments, requested by the European Commission, will be upgraded with alternative data of various new platforms (aerial laser scanning, Sentinel-2 satellite).

Furthermore, the definition of the layer of land use changes was focused only on objects and areas that are relevant to the client and for monitoring agricultural production. This allowed the use of narrowly targeted methods that may be more effective than general methods. The focus was made on the following changes: overgrowing permanent grassland, expansion of urban sprawl on agricultural lands and deforestation. The scientific novelty is also a semantic and numeric definition of the characteristics of changes of actual land use such as the type of changes, size and time component. This increased the objectivity and usefulness of the results.

We experimented with both free as well as commercial satellite imagery and with airborne laser scanning data, which in Slovenia are free of charge. A scientific contribution is in evaluation of the free satellite imagery of lower resolution in relation to commercial high resolution images. Because the free (open) data from the Sentinel-2 satellite and national laser scanning were used, the research results are also internationally relevant as laser scanning data for the whole countries do not exist everywhere. Even if they do exist, they are generally not available free of charge.

Several approaches to identify land use changes were evaluated. The optimal methodology in relation to costs, availability of data and other parameters was developed. Most of these approaches used the latest scientific methods and data to find compromise and fully applicable solutions. Completeness and correctness of the acquired geometric changes in actual land use were monitored and evaluated numerically for both classic as well as improved identification process.

The dissemination of knowledge was made through regular presentations to the customer and other government departments. Papers were published in different journals for broader scientific public.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Slaj dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč zvezno pokriva območje Slovenije in se ciklično vzdržuje. Zaradi teh dveh lastnosti se je ta podatkovni slaj začel posredno ali

neposredno uporabljati tudi v drugih procesih, četudi ima za druge namene določene pomanjkljivosti. Na podlagi Zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN, 2006) se podatki z grafičnim presekom povežejo z zemljiškimi parcelami v zemljiškem katastru. Dejanska raba zemljišč je eden od pomembnih podatkov za množično vrednotenje nepremičnin ter posledično določitev davka na nepremičnine. V okviru nadomestila za spremembo namembnosti kmetijskega zemljišča na podlagi Zakona o kmetijskih zemljiščih (ZKZ-D, 2012) je potrebno navesti tudi podatke o vrsti in površini dejanske rabe, na kateri leži tlorisna površina objekta, pri čemer se dejanska raba povzame iz evidence dejanske rabe (člen 3f). Od vrste dejanske rabe je odvisna višina katastrskega dohodka na podlagi Zakona o ugotavljanju katastrskega dohodka (ZUKD-1, Uradni list RS, št. 9/2011, 47/2012). Podatki o lastnostih nepremičnin, med katere sodi tudi podatek o vrsti dejanske rabe, se uporablja kot podatek v socialnih transferjih (61. člen ZSVarPre, 2011 in popravki). Na podlagi Zakona o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt, 2007) je v prikazu stanja prostora potrebno prikazati dejansko rabo prostora in razhajanja površin med dejansko ter namensko rabo, pri čemer so pomembne predvsem površine razhajanja med kategorijami pozidanih in sorodnih zemljišč ter načrtovanimi stavbnimi površinami.

Hkrati sta dejanska raba prostora in pokrovnosti temeljni podatek na podlagi katerega pridobimo osnovno vedenje o prostoru. Spreminjanje obsega posamezne kategorije rabe in analiza prehajanja med kategorijami so pogosto odraz družbeno ekonomskih sprememb (Antrop, 2005). Zaradi tega dejstva je stanje rabe prostora vedno eno od izhodišč prostorskega načrtovanja ter predmet strokovnih in znanstvenih raziskovanj. Podatki pokrovnosti in rabe prostora so pomembni tudi za statistične analize, ter se uporabljajo v različnih kazalnikih (npr. Tla in površje TP03, kazalci okolja, ARSO). Podatki na ravni države so pomembni v mednarodnem kontekstu, npr. na ravni Evrope (primerjava stanja in sprememb rabe v različnih državah). Dejanska raba prostora je skladno z evropsko direktivo INSPIRE tudi del državne geoinformacijske infrastrukture.

Evidentiranje rabe in pokrovnosti tal ter spremljanje sprememb ni pomembno samo z vidika učinkovitost kmetijske politike, temveč ima širši družbeni pomen, ter se dotika praktično vseh državnih resorjev, pa tudi zasebnega sektorja, predvsem na področju snovanja novih informacijskih storitev. Če dejansko rabo zajemamo, shranjujemo in nato uporabljamo kot časovno vrsto v več zaporednih periodah, postane zanimiva tudi za razvojna IT in geoinformacijska podjetja. Prostorsko-časovne aplikacije preteklih krajin imajo izjemen potencial uporabe v storitvah lokalnega, nacionalnega, čezmejnega in mednarodnega značaja. Časovno-prostorski razvoj dejanske rabe prostora in pokrovnosti je v bližnji in daljni zgodovini vplival na praktično vse gospodarske in družbene dejavnosti: urbanizacijo, prometne povezave, kmetijstvo, gozdarstvo, vodarstvo, turizem, kulturno dediščino, kakovost bivanja, ekologijo, klimatske in demografske spremembe. Iz dejanske rabe tal lahko izvedemo številna vrednotenja in kazalce prostora, ki so osrednja tematika več evropskih razpisov, saj so čezmejno pomembni. Ko podatki o dejanski rabi prostora postanejo odprti podatki javnega sektorja (skladno z direktivo PSI-Public Sector Information), jih je možno povezovati z ostalimi prostorskimi podatki (linked data, big data). Povezovanje takšnih podatkov je pomembna tema sklopa evropskih razpisov Obzorje 2020 (Horizon 2020).

ANG

The layer of actual agricultural and forest land use covers the area of entire Slovenia. It is updated periodically. Because of these two features, the data layer is directly or indirectly used in other processes, even if it has certain shortcomings for other purposes. Based on the Real Estate Recording Act (ZEN, 2006) the land use data are connected by graphical cross-section with land parcel data in the land cadastre. The actual land use data are one of the most important data for mass real estate evaluation and consequently for the determination of a land property tax. In the context of the compensation for the change of agricultural land use under the Agricultural Land Act (ZKZ-D, 2012) it is necessary to indicate the type and area of the actual land use pertaining to the floor area of the building, while the actual land use has to be taken from the records of actual land use (Article 3f). The type of actual land use influences the value of the cadastral income on the basis of the Act of determination of the cadastral income (UKD-1, Official Gazette of RS, no. 9/2011, 47/2012). Data about the type of property, which include information on the type of actual land use, is also used as an input in social transfers (Article 61 ZSVarPre, 2011, and revisions). On the basis of the Spatial Planning Act (ZPNačrt, 2007) the topographic data for spatial planning have to contain the actual land use and the calculation of differences between the actual

and planned land use, where the most important feature is the areal difference between the category of built-up and related land versus the planned building space.

At the same time the actual land use and land cover are fundamental data to obtain basic knowledge about the area. Changes in the volume of a particular category of land use and transitions between categories are often a reflection of the socio-economic changes (Antrop, 2005). The status of land use remains one of the starting points for spatial planning and a subject of technical and scientific surveys. Details of land cover and land use are also important for statistical analysis, and are used in various indicators (e.g. Floor and surface TP03, environmental indicators, EARS). Country-level data are important in an international context, for example at the European level (comparison of the condition and land use changes in different countries. Actual land use data is in line with the European INSPIRE directive as a part of national spatial data infrastructure.

Recording of land use and land cover and monitoring of their changes is not only important in terms of the effectiveness of agricultural policy, but has a broader social significance. It is related to virtually all government departments as well as to private sector, particularly in the design of new information services. If you actually utilize land use data as a time series from several consecutive periods, they become interesting for the development of IT and for the geoinformation companies. Spatio-temporal applications of past landscapes have enormous potential for use in the services of local, national, transnational and international character. Spatio-temporal development of actual land use and land cover in the near and distant history had an influence on virtually all economic and social activities: urbanization, transport, agriculture, forestry, hydrology, tourism, cultural heritage, quality of life, ecology, climate and demographic change. From the actual land use one can carry out a number of spatial indicators and evaluations, which are a central issue in several European tenders of cross-border relevance. When data on the actual land use become open public sector information (in accordance with Public Sector Information directive) they can be linked to other spatial data (linked data and big data). Integration of such data is an important topic in Horizon 2020.

11. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- v domačih znanstvenih krogih
 pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?^{1.1}

Podjetja, ki se v Sloveniji ukvarjajo z daljinskim zaznavanjem, lahko iz prosto objavljenih rezultatov projekta (pdf zaključnega poročila, članki in predstavitve), privzamejo praktične izkušnje, ki smo jih pridobili na projektu in prikazali v obliki primerov uporabe za avtomatsko spremljanje dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- v mednarodnih znanstvenih krogih
 pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:^{1.2}

Rezultate testiranj izvedenih v okviru CRP projekta smo predstavili tudi v ugledni tuji znanstveni reviji ISPRS international journal of geo-information (Najpomembnejši raziskovalni dosežek 1.), ki služi kot referenca raziskovalcem, ki se ukvarjajo z

geoinformatiko po svetu. Revija ima srednji Impact factor 1.723.
--

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹³

12. Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

Ocenjujemo, da so bili program dela CRP projekta in njegovi zastavljeni cilji v celoti realizirani.

13. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja				

G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:	Prenos praktičnih izkušenj pridobljenih v projektu v vsakodnevno prakso				

		avtomatske klasifikacije različnih virov.					
--	--	---	--	--	--	--	--

Komentar

14. Naslov spletne strani za projekte, odobrene na podlagi javnih razpisov za sofinanciranje raziskovalnih projektov za leti 2016 in 2017¹⁴

http://www.gis.si/sl/predstavitev-projektov/v2-1620

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki (v primeru, da poročilo ne bo oddano z digitalnima podpisoma);
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta;
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Geodetski inštitut Slovenije

Mihaela Triglav Čekada

ŽIG

Datum:

13.3.2019

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2019/6

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)

² Navedite cilje iz prijave projekta in napišite, ali so bili cilji projekta doseženi. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Navedite morebitna bistvena odstopanja in spremembe od predvidenega programa dela raziskovalnega projekta, zapisanega v prijavi raziskovalnega projekta. Navedite in utemeljite tudi spremembe sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta. Če sprememb ni bilo, navedite »Ni bilo sprememb«. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite dosežke na raziskovalnem področju (največ deset), ki so nastali v okviru tega projekta.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite dosežke na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti (največ pet), ki so nastali v okviru tega projekta.

Dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka, sistem nato sam izpolni podatke, manjkajoče rubrike o dosežku pa izpolnite.

Dosežek na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti je po svoji strukturi drugačen kot

znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek dosežka na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. v sistemu COBISS rezultat ni evidentiran). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁴ Izvajalec mora za projekte, odobrene na podlagi Javnega razpisa za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2016« v letu 2016, Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2017« v letu 2017 in Javnega razpisa za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo.si hrano za jutri« v letu 2016, na spletnem mestu svoje RO odpreti posebno spletno stran, ki je namenjena projektu. Obvezne vsebine spletne strani so: vsebinski opis projekta z osnovnimi podatki glede financiranja, sestava projektne skupine s povezavami na SICRIS, faze projekta in njihova realizacija, bibliografske reference, ki izhajajo neposredno iz izvajanja projekta ter logotip ARRS in drugih sofinancerjev. Spletna stran mora ostati aktivna še 5 let po zaključku projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2019 v1.00
3F-11-C3-42-EC-06-5D-9F-40-97-F1-28-1A-C0-EE-89-13-CB-3F-DB



CRP V2-1620:
Samodejni postopki identifikacije
sprememb dejanske rabe
kmetijskih zemljišč

Zaključno poročilo

Ljubljana, 31. 3. 2018

GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, telefon: +386 1 200 29 00, faks: +386 1 425 06 77, e-pošta: info@gis.si, www.gis.si

PODATKI O PROJEKTU

Naročnik:

Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS)

Bleiweisova cesta 30
1000 Ljubljana
Matična številka: 1937286
Davčna številka: 88431452

Odgovorna oseba: prof. dr. József Györkös, generalni direktor

Sonaročnik:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

Dunajska 22
1000 Ljubljana
Matična številka: 2399253000
Davčna številka: 31162991

Odgovorna oseba: mag. Dejan Židan, minister

Vsebinski spremljevalec: Alenka Rotter
Skrbnik pogodbe s strani financerja: Jana Erjavec

Izvajalec:

Geodetski inštitut Slovenije

Jamova cesta 2
1000 Ljubljana
Matična številka: 5051649000
Davčna številka: 81498756
Račun: 01100-6030348025

Odgovorna oseba: Milan Brajnik, direktor

Vodja projekta: dr. Mihaela Triglav Čekada

Soizvajalca:

Soizvajalec 1:

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije

Novi trg 2

1000 Ljubljana

Davčna številka: 38048183

Račun: 01100-6030347346

Odgovorna oseba: prof. dr. Oto Luthar, direktor

Soizvajalec 2:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Kongresni trg 12

1000 Ljubljana

Davčna številka: 54162513

Račun: 01100-6030707119

Odgovorna oseba: prof. dr. Ivan Svetlik, rektor

Pogodba:

Pogodba št. 2330-16-000190 o financiranju in izvajanju raziskovalnega projekta št. V2-1620 v okviru Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo.si hrano za jutri«

Sonaročnik številka pogodbe: 631/39-2016/4

Datum: 7. 10. 2016

Izvajalec številka pogodbe: N089083/P2-NM

Datum: 22. 9. 2016

Naročnik številka sklepa: 6316-12/2016-72

Datum: 6. 10. 2016

Zastopniki pogodbe:

Vsebinski spremljevalec: Alenka Rotter

Skrbnik pogodbe s strani financerja: Jana Erjavec

Vodja projekta: dr. Mihaela Triglav Čekada

Sodelavci:

Geodetski inštitut Slovenije:

Dr. Mihaela Triglav Čekada

Mag. Nika Mesner

Alen Mangafić

Katja Tič
Mag. Vasja Bric
Dr. Sebastjan Meža
Dr. Dalibor Radovan

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije:

Dr. Tatjana Veljanovski
Urška Kanjir
Nataša Đurić
Peter Pehani
Dr. Žiga Kokalj
Dr. Krištof Oštir

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo:

Dr. Mojca Foški
Dr. Alma Zavodnik Lamovšek

KAZALO

1	UVOD	8
2	ANALIZA STANJA PODATKOV IN POSTOPKOV TER PREDLOG ALTERNATIVNIH PODATKOV	10
2.1	Analiza obstoječega stanja podatkov in postopkov	10
2.1.1	Dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč	10
2.1.1.1	Postopek vzdrževanja, prednosti in slabosti	10
2.1.1.2	Vrste dejanske rabe in način vzdrževanja	15
2.1.2	Podatkovni viri za vzdrževanje dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč	18
2.1.2.1	Izdelki Cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS)	18
2.1.2.2	Izdelki laserskega skeniranja Slovenije (LSS)	25
2.1.2.3	Satelitski posnetki	26
2.1.2.4	Drugi podatki	27
2.2	Primeri dobre prakse v primerljivih evropskih državah	28
2.2.1	Italija	28
2.2.2	Avstrija	29
2.2.3	Nizozemska	31
2.2.4	Nemčija	33
2.2.5	Estonija	34
2.2.6	EAGLE (European Action Group for Land Monitoring in Europe)	35
2.2.7	MARS (Monitoring Agricultural Resources)	36
2.3	Pregled alternativnih podatkov daljinskega zaznavanja	38
2.3.1	Satelitski optični posnetki	38
2.3.2	Radarski satelitski posnetki	41
2.3.3	Lasersko skeniranje (lidar)	42
2.3.4	Ciklično aerofotografiranje Slovenije	44
2.3.5	Program Copernicus in storitev CSCDA	46
2.3.6	Pregled razpoložljivosti podatkov Sentinel-2 za območje Slovenije	48
2.4	Zaključki	50
3	IZDELAVA METODOLOGIJE ZA SAMODEJNO IDENTIFIKACIJO SPREMEMB DEJANSKE RABE	52
3.1	Definicija sloja sprememb in identifikacija lastnosti	52
3.1.1	Pravila za zajem spremembe vrste rabe	52
3.1.1.1	Pozidano in sorodno zemljišče	52
3.1.1.2	Kmetijsko zemljišče v zaraščanju	53
3.1.1.3	Trajni travnik	54
3.1.1.4	Njiva	55
3.1.1.5	Vinograd	55
3.1.1.6	Gozd	56
3.1.1.7	Intenzivni sadovnjak	57

3.1.2	Specifikacija lastnosti klasifikacijskih razredov.....	58
3.1.2.1	Pozidano kmetijsko zemljišče	59
3.1.2.2	Zaraščen trajni travnik	60
3.1.2.3	Sprememba njive v travnik	60
3.1.2.4	Sprememba travnika v njivo	61
3.1.2.5	Krčitev vinograda ali intenzivnega sadovnjaka	61
3.1.2.6	Krčitev gozda na meji s kmetijskim zemljiščem	62
3.2	Metodologija za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe	63
3.2.1	Vhodni podatki	63
3.2.2	Predobdelava podatkov daljinskega zaznavanja	64
3.2.3	Pristopi identifikacije sprememb	66
3.2.3.1	Analiza klasificiranih posnetkov	67
3.2.3.2	Analiza neposredne primerjave dveh ali več posnetkov	69
3.2.3.3	Analiza časovnih vrst	70
3.2.4	Rezultati samodejne identifikacije sprememb	71
3.2.5	Vrednotenje rezultatov	74

4 TESTIRANJE PREDLAGANIH ALTERNATIVNIH VIROV PODATKOV IN SAMODEJNE IDENTIFIKACIJE SPREMOMB DEJANSKE RABE ZA POTREBE VZDRŽEVANJA..... 76

4.1	Izbira študijskega območja, zbiranje in predobdelava podatkov	76
4.1.1	Izbira študijskega območja	76
4.1.2	Zbiranje in predobdelava podatkov	78
4.1.2.1	Satelitski posnetki Pléiades	78
4.1.2.2	Satelitski posnetki Sentinel-2A in Sentinel-2B.....	81
4.1.2.3	Pridobivanje ostalih podatkov.....	81
4.2	Identifikacija sprememb dejanske rabe na podlagi alternativnih podatkov z metodo fotointerpretacije 81	
4.2.1	Referenčni sloj sprememb dejanske rabe	82
4.2.2	Uporaba alternativnih virov za reševanje neskladij rabe prostora	84
4.2.3	Identifikacija sprememb rabe na podlagi alternativnih virov podatkov z metodo fotointerpretacije 87	
4.2.3.1	Satelitski posnetek Pléiades v barvni in infrardeči različici	88
4.2.3.2	IR ortofoto in model višin nad terenom (DMP CAS).....	90
4.2.3.3	Barvni infrardeči ortofoto in model višin nad terenom (DMP lidar)	91
4.3	Identifikacija sprememb dejanske rabe na podlagi alternativnih podatkov s predlagano samodejno identifikacijo sprememb	93
4.3.1	Zaznavanje sprememb z analizo klasificiranih posnetkov	93
4.3.1.1	Pozidano kmetijsko zemljišče	93
4.3.1.2	Krčitev gozda	97
4.3.1.3	Krčitev sadovnjaka ali vinograda	102
4.3.1.4	Sprememba travnika v njivo.....	105
4.3.1.5	Zaraščanje trajnih travnikov	108
4.3.2	Zaznavanje sprememb z analizo časovnih vrst satelitskih posnetkov.....	111
4.3.2.1	Sprememba travnika v njivo ali karkoli drugega	116

4.3.2.2	Sprememba njive v travnik ali v karkoli drugega.....	119
4.3.3	Zaznavanje sprememb z analizo neposredne primerjave dveh ali več posnetkov	121
4.3.3.1	Identifikacija vseh vrst sprememb	122
4.3.3.2	Sprememba travnika v njivo ali karkoli drugega	147
4.3.3.3	Sprememba njive v travnik ali karkoli drugega	151
5	ZASNOVA UPORABE SLOJA SPREMEMB	153
5.1	Primerjava in vrednotenje alternativnih virov podatkov ter metod vzdrževanja	153
5.1.1	Obnova dejanske rabe na podlagi alternativnih virov podatkov	153
5.1.1.1	Prednosti in slabosti satelitskih posnetkov Pléiades	153
5.1.1.2	Sklepi iz izbranih primerov barvnih in infrardečih ortofotov v kombinaciji z modelom višin nad terenom (DMP CAS ali DMP LIDAR)	154
5.1.2	Opozorilni sloji, izdelani s samodejno identifikacijo sprememb	154
5.1.2.1	Rezultati analize klasificiranih posnetkov.....	155
5.1.2.2	Rezultati analize časovnih vrst	159
5.1.2.3	Vrednotenje analize neposredne primerjave dveh ali več posnetkov	164
5.2	Zasnova operativnega postopka uporabe sloja sprememb v procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe	165
6	ZAKLJUČKI.....	168
6.1	Uporaba alternativnih podatkov v obstoječem postopku vzdrževanja rabe.....	172
6.2	Potenciali analize klasificiranih posnetkov.....	172
6.3	Potenciali analize časovnih vrst satelitskih posnetkov	Napaka! Zaznamek ni definiran.
6.4	Potenciali analize neposredne primerjave dveh ali več posnetkov.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
6.5	Koncept uporabe trenutnega sloja vrste rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč za prostorsko planiranje	Napaka! Zaznamek ni definiran.
7	DISEMINACIJA PODATKOV	168
7.1	Diseminacija na nacionalni ravni.....	168
7.1.1	Sestanki z naročnikom.....	168
7.1.2	Vzpostavitev spletne strani projekta	168
7.2	Diseminacija za strokovno javnost	170
8	LITERATURA	175

1 UVOD

Samodejni postopki identifikacije sprememb pokrovnosti tal z uporabo različnih podatkov daljinskega zaznavanja so še neizkoriščen potencial za izboljšanje kakovosti podatkov o dejanski rabi prostora ter učinkovitosti postopkov vzdrževanja podatkov. S predlaganim projektom želimo prispevati k izboljšanju ažurnosti in kakovosti podatkov dejanske rabe ter k zmanjšanju nepravilnosti pri prijavi kmetijskih upravičencev za posamezne ukrepe skupne kmetijske politike.

Ažurnost podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč je tesno povezana z razpoložljivostjo državnih ortofotov. Vsako leto se namreč obnovi podatke le za del državnega ozemlja, za katerega je bilo v tekočem letu izvedeno aerofotografiranje in so na voljo ortofoti. Aerofotografiranje se izvaja v obdobju dveh do štirih let, v izrednih okoliščinah se perioda lahko še podaljša (npr. neugodne vremenske razmere). Tako državni ortofoti kot osnovni vir podatkov občasno ne zadoščajo zahtevam glede ažurnosti dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Možno rešitev predstavlja uporaba alternativnih virov podatkov daljinskega zaznavanja: optični satelitski posnetki, radarski posnetki in lidarski podatki.

Vzdrževanje dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč temelji na fotointerpretaciji državnih ortofotov in množici pomožnih podatkov. Obnova podatkov poteka dvostopenjsko, in sicer na prvi stopnji posamezen poligon pregleda in po potrebi obnovi operater-zajemalec, na drugi stopnji pa obnovljene podatke potrdi in po potrebi popravi operater-kontrolor. Dvostopenjska obnova podatkov sicer zagotavlja kakovostne podatke, vendar je časovno in kadrovsko zelo potratna. Možne spremembe postopka vzdrževanje predstavljajo delno samodejne metode, kjer se s samodejnimi postopki identificira spremembe, nato pa operater te spremembe preveri in zajame z metodo fotointerpretacije. Operater ciljano popravlja samo območja, kjer se je s samodejno metodo zaznalo, da so na njih spremembe, drugih območij ne popravlja. S tem bi lahko privarčevali veliko časa za zajem.

Predlog raziskovalnega projekta temelji na uporabi alternativnih virov podatkov in delno samodejnih postopkih vzdrževanja dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Predvidoma se bomo osredotočili na samodejno identifikacijo ključnih sprememb pokrovnosti na območju kmetijskih in gozdnih zemljišč: zaraščanje kmetijskih zemljišč, širjenje urbanih površin na kmetijska zemljišča, krčitve gozdov, sadovnjakov in vinogradov. Rezultati samodejne identifikacije sprememb bodo zasnovani tako, da jih lahko končni uporabniki neposredno uporabijo v postopku vzdrževanja dejanske rabe ter pri kontroli ukrepov skupne kmetijske politike.

Projekt bo razdeljen na 5 delovnih paketov:

Delovni paketi in aktivnosti projekta

Delovni paket 1: Analiza stanja podatkov in postopkov ter predlog alternativnih podatkov

Aktivnost 1.1: Analiza obstoječega stanja podatkov in postopkov

Aktivnost 1.2: Primeri dobre prakse v primerljivih evropskih državah

Aktivnost 1.3: Pregled alternativnih podatkov daljinskega zaznavanja

Delovni paket 2: Izdelava metodologije za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe

Aktivnost 2.1: Definicija sloja sprememb in specifikacija lastnosti

Aktivnost 2.2: Metodologija za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe

Delovni paket 3: Testiranje predlaganih alternativnih podatkov in samodejne identifikacije sprememb dejanske rabe za potrebe vzdrževanja

Aktivnost 3.1: Izbira študijskega območja, zbiranje in predobdelava podatkov

Aktivnost 3.2: Identifikacija sprememb dejanske rabe na podlagi alternativnih podatkov z metodo fotointerpretacije

Aktivnost 3.3: Identifikacija sprememb dejanske rabe na podlagi alternativnih podatkov s predlagano samodejno identifikacijo sprememb

Delovni paket 4: Zasnova uporabe sloja sprememb

Aktivnost 4.1: Primerjava in vrednotenje alternativnih virov podatkov ter metod vzdrževanja.

Aktivnost 4.2: Zasnova operativnega postopka uporabe sloja sprememb v procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe

Delovni paket 5: Diseminacija rezultatov projekta

Aktivnost 5.1: Diseminacija na nacionalni ravni

Aktivnost 5.2: Diseminacija za strokovno javnost

Končni cilj projekta je izdelava Operativnega navodila za uporabo alternativnih virov podatkov in rezultatov samodejne identifikacije v procesu vzdrževanja dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, kjer bo opisana metodologija kako samodejne postopke obdelave alternativnih virov podatkov vpeljati v zajem podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

2 ANALIZA STANJA PODATKOV IN POSTOPKOV TER PREDLOG ALTERNATIVNIH PODATKOV

2.1 Analiza obstoječega stanja podatkov in postopkov

Cilj analize obstoječega stanja podatkov in postopkov je opredelitev prednosti in slabosti obstoječih podatkov in postopkov ter opredelitev zahtev za načrtovanje samodejnega postopka identifikacije sprememb in alternativnih virov podatkov daljinskega zaznavanja.

Analiza obsega analizo podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč ter postopkov, v katerih se ti podatki uporabljajo. Izvedena je podrobna analiza podatkov daljinskega zaznavanja, ki se uporabljajo za vzdrževanje dejanske rabe. Med podatki je posebej izpostavljen državni ortofoto, ki predstavlja osnovni podatkovni vir za pridobitev podatkov o dejanskem stanju v naravi in za vzdrževanje dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Poseben poudarek je namenjen oceni prostorske, spektralne, radiometrične in časovne ločljivosti podatkov. V okviru analize postopka vzdrževanja smo izluščili prednosti in slabosti obstoječega postopka vzdrževanja kot tudi najpogostejše in najbolj ključne spremembe dejanske rabe, ki jih fotointerpretatorji težko zaznajo in so običajno najpogostejši vir napak.

V nadaljevanju so podani rezultati analize:

- dejanske rabe kmetijskih zemljišč in postopkov vzdrževanja,
- podatkovnih virov za vzdrževanje dejanske rabe in
- podatkov daljinskega zaznavanja.

2.1.1 Dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč

Evidenca dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč je enotna državna vektorska prostorska podatkovna zbirka o dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč, ki jo upravlja in vodi Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (v nadaljevanju MKGP). Sestavljena je iz grafičnih podatkov (poligonov dejanske rabe) in iz opisnih podatkov (identifikacijska številka, šifra vrste dejanske rabe, površina, umestitev v prostor v državnem koordinatnem sistemu, datum spremembe, idr.). Evidenca je del geografskega informacijskega sistema MKGP ter je povezana z drugimi podatkovnimi zbirkami v sistemu. Namenjena je »ugotavljanje dejanskega stanja rabe zemljišč kot pogoja za izvajanje ukrepov kmetijske politike« (Zakon o kmetijstvu, 2017; Klar, 2016).

Posamezni podatkovni sloj dejanske rabe tvorijo poligoni dejanske rabe, ki predstavljajo strnjeno površino kmetijskega, gozdnega ali drugega zemljišča z isto vrsto dejanske rabe (Zakon o kmetijstvu, 2017). Poligoni dejanske rabe v celoti pokrivajo območje kopenskega dela Slovenije in del slovenskega morja ob obali.

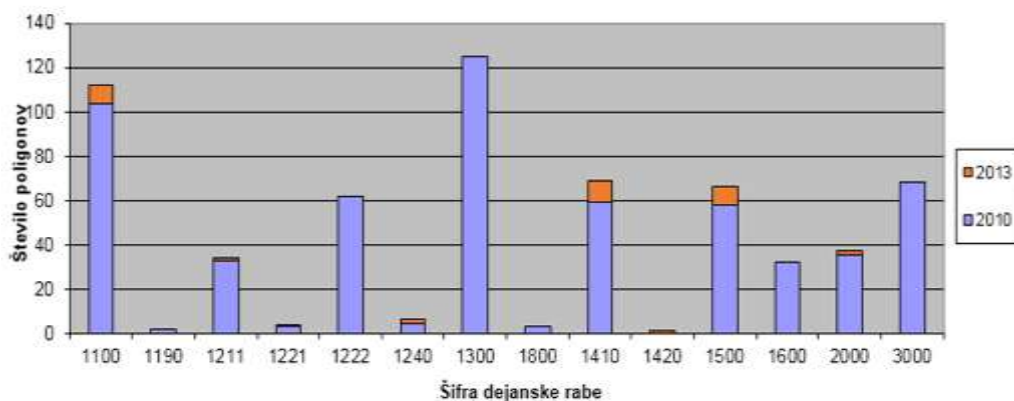
2.1.1.1 Postopek vzdrževanja, prednosti in slabosti

Dejanska raba MKGP se vzdržuje v rednih triletnih ciklih. Vsako leto se z metodo fotointerpretacije obnovijo podatki za približno tretjino Slovenije. Osnovni vir za vzdrževanje podatkov so ortofoti in množica pomožnih virov podatkov: arhivski ortofoti, topografski podatki, sloj GERK-ov, podatki o gozdovih, idr. Obnova podatkov poteka dvostopenjsko, in sicer na prvi stopnji posamezen poligon pregleda in po potrebi obnovi operater-zajemalec, na drugi stopnji pa obnovljene podatke potrdi in po potrebi popravi operater-kontrolor (Nastran in Žižek Kulovec, 2014). Na ta način je zagotovljena visoka kakovost podatkov za potrebe ugotavljanja upravičenosti do kmetijskih subvencij. Dvostopenjska obnova podatkov z metodo vizualne fotointerpretacije ortofotov in drugih pomožnih podatkov sicer zagotavlja kakovostne podatke, vendar je časovno in kadrovske zelo potratna.

V nadaljevanju so podane statistične analize sprememb števila poligonov in površin po posameznih vrstah rabe. Analiza je izvedena na podlagi primerjave stanja rabe pred in po obnovi (Geodetski inštitut, 2017).

Sprememba števila poligonov po vrsti rabe

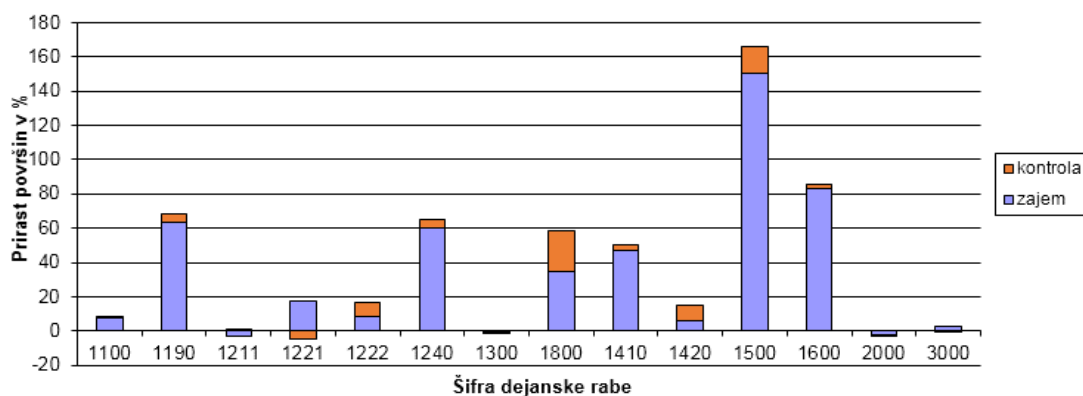
Pred obnovo leta 2013 na vzhodnem delu Slovenije je bilo na listu TTN v povprečju 491 poligonov. Po obnovi (zajemu in kontroli) je povprečno število poligonov na listu TTN naraslo na 584 poligonov. Število poligonov na posameznem listu v povprečju narašča za 20 %. Največ je poligonov z vrsto rabe: travnik (1300), njiva (1100), kmetijsko zemljišče v zaraščanju, (1410), drevesa in grmičevje (1500), pozidano (3000).



Slika 1: Povprečno število poligonov po vrsti rabe na list TTN po obnovi.

Sprememba površin po vrsti rabe

Primerjava sloja dejanske rabe (stanje 2016) s slojem iz leta 2013 kaže, da so se na območju vzhodne Slovenije najbolj, za več kot 160 %, povečale površine kmetijskih zemljišč v zaraščanju (1410), sledijo neobdelana kmetijska zemljišča (1600) z 83 % in rastlinjaki (1190) s 63 % povečanjem površin glede na stanje v letu 2010.



Slika 2: Prirast površin po vrsti rabe po obnovi.

Na podlagi izkušenj pri operativni obnovi dejanske rabe in rezultatov analiz ocenjujemo, da največ sprememb povzročajo:

- Zaraščanje trajnih travnikov:
 - o Sprememba rabe Trajni travnik (1300) v Kmetijsko zemljišče v zaraščanju (1410) in Neobdelano kmetijsko zemljišče (1600).
 - o Primeri:

	Zarašča se večje zaokroženo območje.
--	--------------------------------------

	
	<p>Zarašča se zgolj del travnika, ki je npr. težji za obdelavo (strmi predeli, ob kanalu, cesti) ali ob gozdnem robu.</p>


- Širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča (nove ceste, hiše, dvorišča, ipd.):
 - o Sprememba kmetijskih zemljišč (rabe s šifro 1000) v Pozidano in sorodno zemljišče (3000).
 - o Posebej problematične so širitve manjših površin, ki jih operater lahko pri zajemu spregleda.
 - o Primeri:

	<p>Večje širitve pozidanih in sorodnih površin na kmetijska zemljišča.</p>
	<p>Manjše širitve pozidanih in sorodnih površin na kmetijska zemljišča.</p>

	
	<p>Utrjene kolovozi se uvrščajo k pozidanim in sorodnim zemljiščem.</p> <p>Pri obnovi dejanske rabe se predstavlja težavo interpretacija objektov pod krošnjami.</p>

- Spremembe gozda:

- kot posledica spremembe metodologije zajema: ob vzpostavitvi evidence so se poligoni strnjenih dreves manjših od 5000 m² uvrščali v rabo Drevesa in grmičevje (1500), danes se ne glede na površino poligoni strnjenih dreves, ki so prekriti z gozdno masko uvrščajo v rabo gozd (2000).
- kot posledica dejanskega stanja v naravi: sprememba na gozdnem robu.
- Primeri:

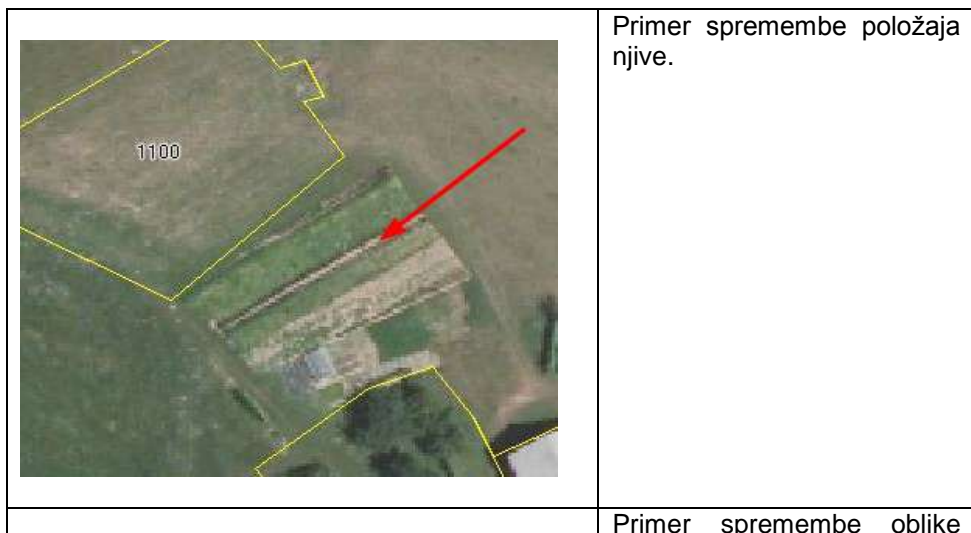
	<p>Krčitev gozda na gozdnem robu in sprememba v trajni travnik.</p>
	<p>Krčitev gozda na gozdnem robu in sprememba v neobdelano kmetijsko zemljišče in pozidano in sorodno zemljišče (kolovoz).</p>

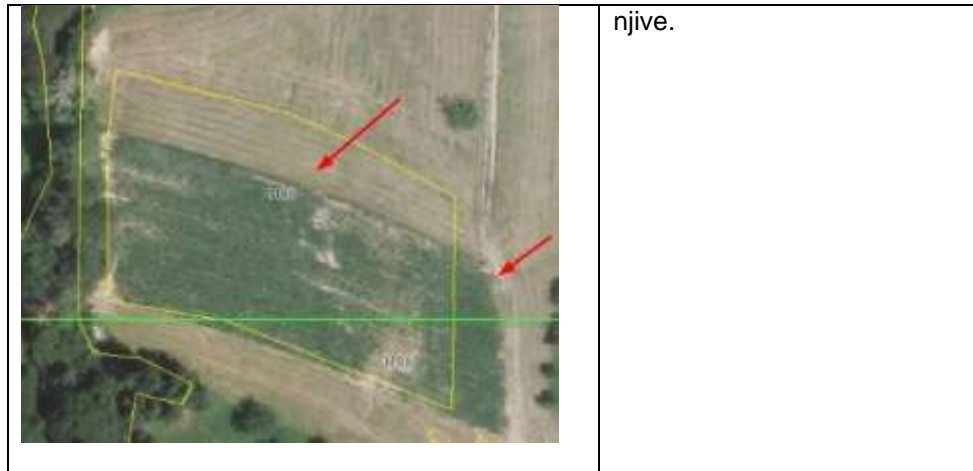


- Krčitve ali obnove vinogradov in sadovnjakov:
 - o Sprememba rabe Vinograd (1211) in Intenzivni sadovnjak (1221) v Neobdelano kmetijsko zemljišče (1600).
 - o Primeri:



- Spremembe njiv v trajne travnike in obratno in sprememba oblike njive
 - o kot posledica kolobarjenja ali zemljišč v prahi se na obdelanem zemljišču lahko ciklično menjujeta rabi Njiva (1100) in Trajni travnik (1300).
 - o Primeri:





2.1.1.2 Vrste dejanske rabe in način vzdrževanja

Na podlagi rezultatov analize postopka vzdrževanja (poglavje 2.1.1.1) smo identificirali najpogostejše in najbolj ključne spremembe dejanske rabe, ki jih fotointerpretatorji težko zaznajo in so običajno najpogostejši vir napak. Na podlagi teh rezultatov smo identificirali naslednje ključne spremembe kmetijskih zemljišč:

- zaraščanje trajnih travnikov,
- širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča,
- krčitve gozdov,
- krčitve ali obnove vinogradov in sadovnjakov ter
- sprememba travnika v njivo ali obratno.

Identificirane ključne spremembe se nanašajo na naslednje vrste dejanske rabe:

- njiva,
- vinograd,
- intenzivni sadovnjak,
- trajni travnik,
- kmetijsko zemljišče v zaraščanju,
- drevesa in grmičevje,
- gozd ter
- pozidano in sorodno zemljišče.

Tabela 1: Pregled osnovnih značilnosti vrst dejanske rabe, ki se nanašajo na identificirane ključne spremembe kmetijskih zemljišč (MKGP, 2013).

NJIVA (1100)	
Definicija	Površina, ki jo orjemo ali drugače obdelujemo in obračališča, namenjena obdelavi te površine (širine do 2 m). Na tej površini pridelujemo enoletne in nekatere večletne kmetijske rastline. Sem sodi tudi zemljišče v prahi in ukorenišče hmeljnih sadik.
Minimalna površina za zajem	100 m ²
Posebnosti	V ta razred se uvršča tudi: <ul style="list-style-type: none"> • zemljišče, ki je začasno zasejano s travo in drugimi krmnimi rastlinami (za obdobje manj kot 5 let) in se uporablja za košnjo ali pašo večkrat na leto. • površine za vrtičkarstvo • površine pokrite s premičnimi plastičnimi tuneli

	<ul style="list-style-type: none"> • površine namenjene za rejo živali na prostem • brežine teras med njivami, katerih tlorisna širina ne presega 2 m. <p>Če je površina porasla s travno rušo in ni preorana v obdobju pet ali več let, jo uvrstimo v trajni travnik.</p> <p>V ta razred se ne uvrščajo vrtovi, površine za predelavo humusa in vrtno lope, večje od 25 m².</p>
Fotointerpretacija	Barvna skala na barvnem ortofotu se giblje od svetlo rjave do temno rjave ter od svetlo zelene do temno zelene.
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.
Dopolnilni viri podatkov	Časovna serija ortofotov in GERK.
VINOGRAD (1211)	
Definicija	Površina, zasajena z vinsko trto, vključno z obračališči in potmi v vinogradu ter brežinami pri vinogradu na terasah.
Minimalna površina za zajem	100 m ²
Posebnosti	Izgled na ortofotu je odvisen od gojitvene oblike in načina zasaditve, kar je odvisno od predela Slovenije. V ta razred se ne uvršča: <ul style="list-style-type: none"> • nasada trte v eni vrsti, • nasadov trte, namenjenih pridelavi namiznega grozdja (po podatkih RKG).
Fotointerpretacija	Problem pri razlikovanju med vinogradom in mlajšim intenzivnim sadovnjakom na ortofotu. Razlikovanje je možno na podlagi višine dreves (v vinogradu konstantno, v sadovnjaku ne) in medvrstne razdalje (v vinogradu ožja).
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.
Dopolnilni viri podatkov	GERK
INTENZIVNI SADOVNJAK (1221)	
Definicija	Površina, zasajena s sadnimi vrstami, pri obdelavi katere se uporabljajo sodobne intenzivne tehnologije. Intenzivni sadovnjak zajema površino nasada skupaj z obračališči in potmi ter brežinami, če je nasad zasajen v terasah.
Minimalna površina za zajem	100 m ²
Posebnosti	Nasadi jagod se uvrščajo v vrsto dejanske rabe njiva.
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.
Dopolnilni viri podatkov	GERK
TRAJNI TRAVNIK (1300)	
Definicija	Površina porasla s travo, deteljami in drugimi krmnimi rastlinami, ki se jo redno kosi oziroma pase. Takšna površina ni v kolobarju in se ne orje.
Minimalna površina za zajem	100 m ²
Posebnosti	Kot trajni travnik se določi tudi površina, porasla s posameznimi drevesi, kjer gostota dreves ne presega 50 dreves/ha.
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.

Dopolnilni viri podatkov	GERK
KMETIJSKO ZEMLJIŠČE V ZARAŠČANJU (1410)	
Definicija	Zemljišče, ki se zarašča zaradi opustitve kmetovanja ali preskromne kmetijske rabe. Na njem se pojavljajo mlado olesenelo ali trnasto rastje ter drevesa in grmičevje, običajno različnih starosti, katerih pokrovnost je 20-75 %.
Minimalna površina za zajem	100 m ²
Fotointerpretacija	Na ortofotu se površine v zaraščanju od trajnega travnika ločijo po bolj puhasti, grobi strukturi s strnjeno grmovno vegetacijo in posameznimi nižjimi drevesi.
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.
Dopolnilni viri podatkov	Časovna serija ortofotov.
DREVESA IN GRMICEVJE (1500)	
Definicija	Površina porasla z drevesi in grmičevjem, katerih pokrovnost presega 75 % in niso uvrščena v gozd. Sem uvrščamo tudi obvodno zarast ter mejice iz gozdnih dreves oziroma grmičevja.
Minimalna površina za zajem	100 m ²
Posebnosti	Mejice izločamo čim bolj ozko, meje poligona ne vlečemo ob robu krošenj, temveč po sredini krošenj
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.
Dopolnilni viri podatkov	Časovna serija ortofotov.
GOZD (2000)	
Definicija	Zemljišče, ki je v skladu s predpisi o gozdovih, opredeljeno kot gozd.
Minimalna površina za zajem	100 m ²
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.
Dopolnilni viri podatkov	Sloji ZGS - sestoji, osnutki, krčitve, rezervati, zaraščanje
POZIDANO IN SORODNO ZEMLJIŠČE (3000)	
Definicija	Površina, na kateri so zgradbe, ceste, ki vodijo do naselij ali hiš, parkirni prostori, rudniki, kamnolomi in druga infrastruktura, ki služi za opravljanje človeških dejavnosti.
Osnovni vir podatkov	Ortofoto.
Minimalna površina za zajem	25 m ²

2.1.2 Podatkovni viri za vzdrževanje dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč

V nadaljevanju so podani opisi in način uporabe podatkov, ki se uporabljajo pri vzdrževanju dejanske rabe, z osredotočenostjo na podatke daljinskega zaznavanja.

Osnovni podatkovni vir za pridobitev podatkov o dejanskem stanju v naravi v postopku vzdrževanja podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč je ortofoto, ločljivosti 50 cm (OF050). Poleg tega se uporabljajo oziroma so se uporabljali tudi drugi izdelki Cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS):

- Ortofoti so bili v zadnjih 10 letih izdelani v različnih prostorskih in spektralnih ločljivostih. Vedno pa sta bila na razpolago barvni ortofoto (v nadaljevanju ortofoto) in barvni infrardeči ortofoto (v nadaljevanju IR ortofoto).
- Digitalni modeli reliefa 5 m x 5 m (DMR 5) je bil leta 2006 izdelan na podlagi stereomodelov in DMR 12,5 m x 12,5 m. Kasneje se je DMR 5 sproti popravljal v okviru ponovnega snemanja CAS tam kjer so bile ugotovljene spremembe. Za osnovni DMR 5 sta na razpolago za zajem dva sloja:
 - sloj analitičnega senčenja,
 - sloj analitičnega senčenja z višinami, ki jih preberemo za posamezno celico.

V okviru obnove podatkov v letu 2016/2017 so se prvič uporabili tudi izdelki laserskega skeniranja Slovenija, in sicer podoba analitičnega senčenja DMR 1 m x 1 m (imenovana PAS) v dveh barvnih različicah, višine niso na razpolago.

Izmed drugih virov podatkov daljinskega zaznavanja so se uporabili le satelitski posnetki. Satelitski posnetki se uporabljajo le izjemoma za ugotavljanje dejanskega stanja v naravi in za zajem meje poligonov na območjih, kjer ortofoti niso na razpolago. Tako je bil na primer v letu 2015 uporabljen satelitski posnetek za vzdrževanje rabe na območju, na katerem ni bilo izvedeno aerofotografiranje zaradi neugodnih vremenskih razmer.

Pri zajemu se uporabljajo tudi drugi vektorski sloji kot so podatki Zavoda za gozdove Slovenije ter Grafične enote rabe kmetijskih gospodarstev Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in drugi sloji.

2.1.2.1 Izdelki Cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS)

V nadaljevanju je podan podrobnejši opis načina uporabe in tehničnih značilnosti izdelkov CAS v obdobju 2006-2016. Poseben poudarek je namenjen ortofotu prostorske ločljivosti 50 cm, ki predstavlja osnovni podatkovni vir v obstoječih postopkih vzdrževanja dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

Tehnične lastnosti izdelkov CAS: ortofoto in DMR 5 m x 5 m

Ciklično aerofotografiranje Slovenije (CAS) ima v Sloveniji že dolgoletno tradicijo, saj se je pričelo izvajati že v letu 1971, leta 2006 pa se je prvič izvedlo digitalno aerofotografiranje (Bric et al., 2015). Digitalno aerofotografiranje, se je pričelo uporabljati tudi za zajem vrste rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Zato se bomo v našem opisu osredotočili le na izdelke aerofotografiranja izdelane z vključno letom 2006 do leta 2016. CAS se praviloma izvaja v triletnih ciklih ažuriranja celotne Slovenije, občasno pa pride tudi do daljših časovnih razponov na posameznem območju. CAS se imenujejo z letnicami, ki so opredeljene na določeni pogodbi. Tako CAS 2009-2012 pomeni, da bo celotna Slovenija posneta med 2009 in 2012. Občasno (2006, 2014-15) pa pogodba opisuje krajše obdobje za predvideno snemanje celotne Slovenije ali pa je bila pogodba prehodno prekinjena in zamenjan izvajalec v okviru nove pogodbe (2016).

Poudariti moramo, da ortofoto CAS, ni pravi ortofoto, to pa pomeni, da so na njem višji objekti zvrnjeni. Torej so vse strehe stavb, robovi gozda in drugi podobni objekti zvrnjeni, saj je za izdelavo ortofota

uporabljen digitalni model reliefa. To zagotavlja, da so vsi objekti, ki se nahajajo na tleh na pravem mestu (npr. meje parcelnih mej), višji objekti pa so zvrnjeni.

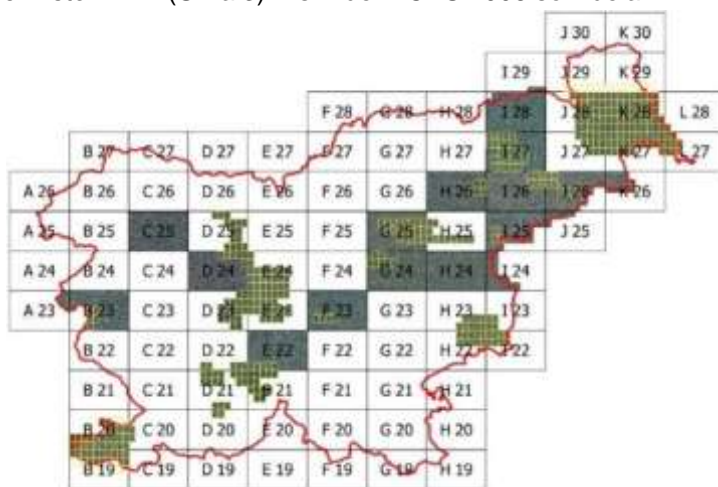
Poleg ortofota je operaterjem za zajem vrste rabe na voljo tudi DMR 5 m × 5 m v več letnikih njegove izdelave.

Časovna ločljivost

V **CAS 2006** so bili izdelani naslednji ortofoti:

- ortofoto s prostorsko ločljivostjo 25 cm (OF25),
- ortofoto s prostorsko ločljivostjo 50 cm (OF50) in
- bližnji infrardeči ortofoto s prostorsko ločljivostjo 100 cm (OF100BIR).

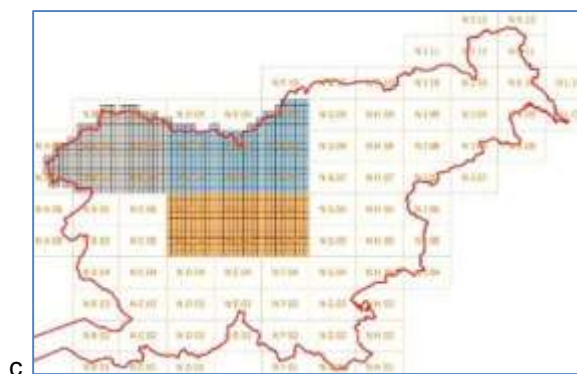
OF50 in OF100BIR so bili izdelani za celotno območje Slovenije, OF25 pa so bili izdelani samo za izbrana območja, 1051 listov TTN (Slika 3). Vsi izdelki CAS 2006 so izdelani v D48/GK.



Slika 3: Območja izdelave ortofotov OF25 v CAS 2006.

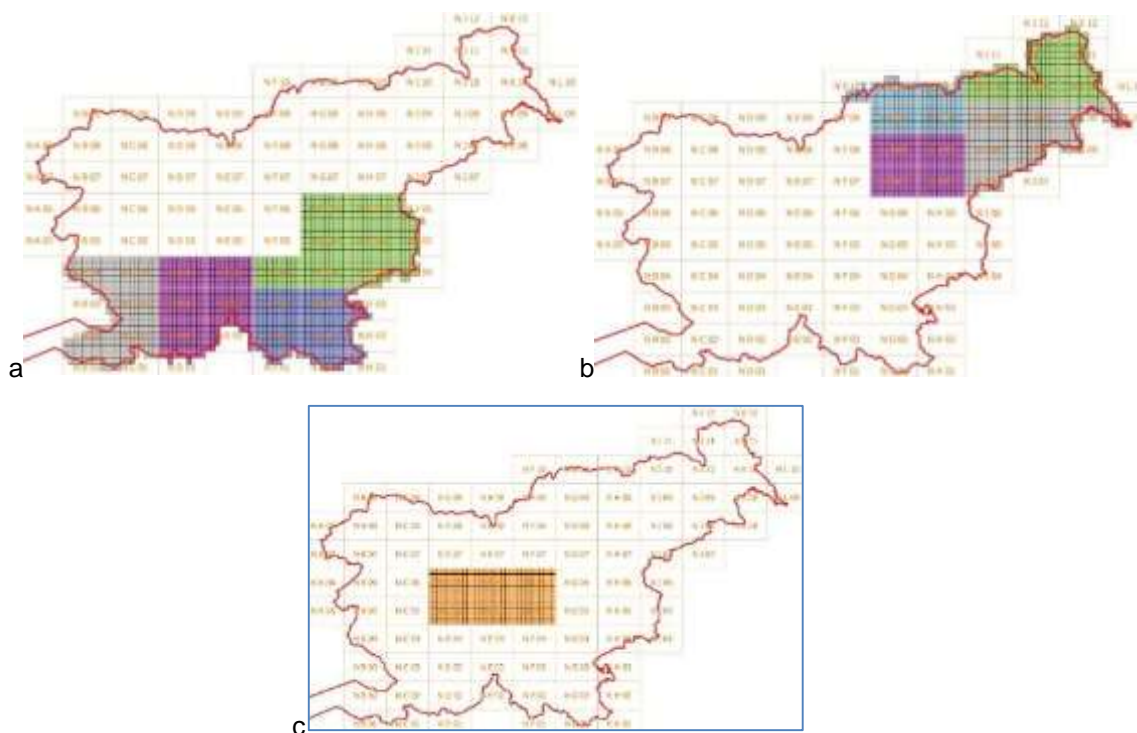
V **CAS 2009-11** so bili izdelani samo ortofoti s prostorsko ločljivostjo 50 cm. OF25 in OFBIR niso bili izdelani. Uporabljen je bil nov državni koordinatni sistem D96/TM. Časovni zamik med časom zajema izvornih podatkov od 3 do 5 let (Slika 4).





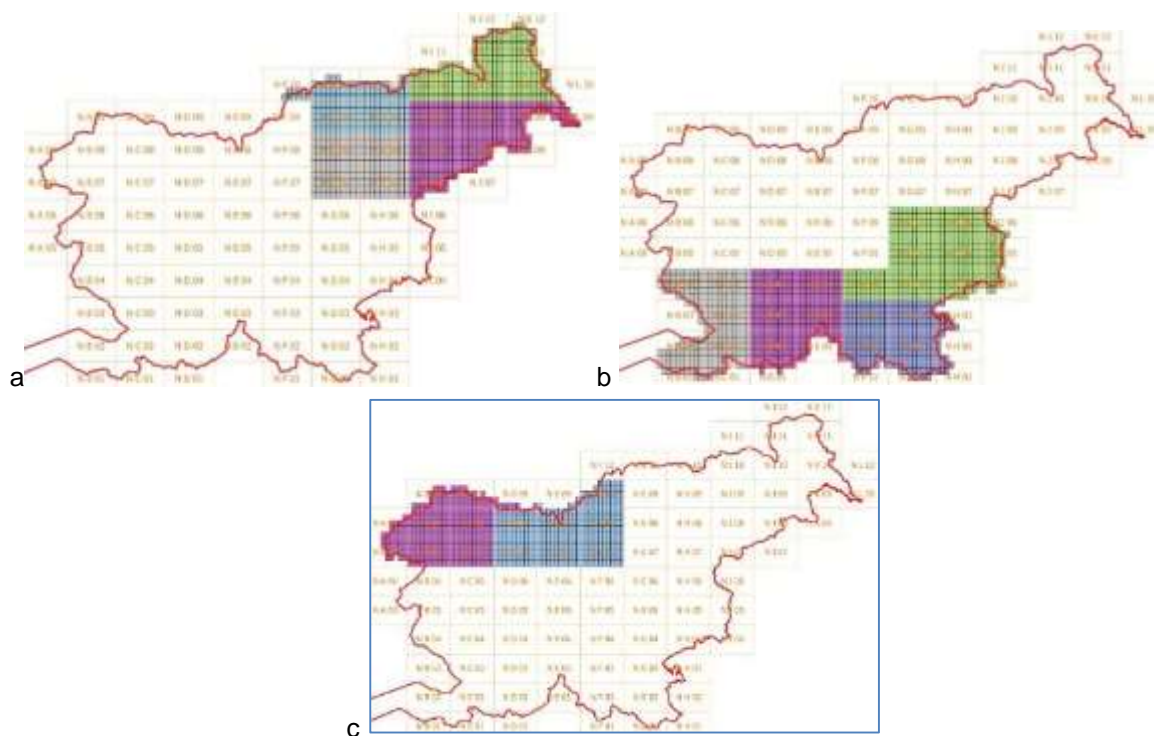
Slika 4: Časovni razmik med ortofoti CAS 2006 in CAS 2009-2011: a) 3 leta, b) 4 leta, c) 5 let. Območja, kjer je časovni razpon daljši od 3 let so obrobljena.

V **CAS 2012-14** so bili izdelani naslednji ortofoti: OF25 (prostorska ločljivost je 25 cm), OF50 (prostorska ločljivost je 50 cm) in OF50BIR (prostorska ločljivost je 50 cm). Bloka Bovec in Kranj v tem ciklu nista bila izdelana. Vsi izdelki so bili narejeni v D96/TM.



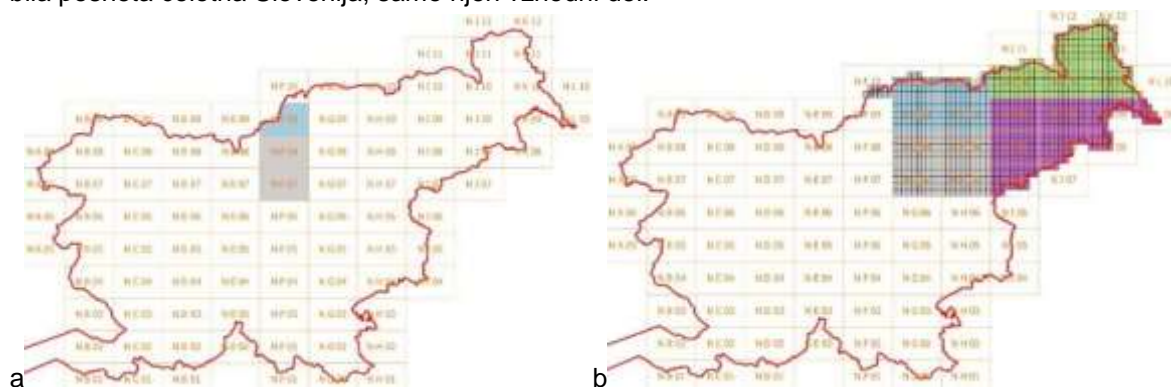
Slika 5: Časovni razmik med ortofoti CAS 2009-2011 in CAS 2012-2014: a) 3 leta (2012-2009), b) 3 leta (2013-2010), c) 4 leta (2010-2014). Območja, kjer je časovni razpon daljši od 3 let so obrobljena.

V **CAS 2014-15** so bili izdelani naslednji ortofoti: OF25 (prostorska ločljivost je 25 cm), OF50 (prostorska ločljivost je 50 cm) in OF50BIR (prostorska ločljivost je 50 cm). Bloka Ljubljana in Nova Gorica v tem CAS nista bila izdelana. Vsi izdelki so bili narejeni v D96/TM.



Slika 6: Časovni razmik med ortofoti CAS 2012-2014 in CAS2014-2015: a) 1 leta (2013-2014), b) 2 leta (2012-2014), c) 4 leta (2011-2015). Območja, kjer je časovni razpon daljši od 3 let so obrobljena.

V **CAS 2016** so bili izdelani naslednji ortofoti: OF25 (prostorska ločljivost je 25 cm), OF50 (prostorska ločljivost je 50 cm) in OF50BIR (prostorska ločljivost je 50 cm). Bloka Celje in Slovenj Gradec sta bila razširjena na območje Bloka Kranj zaradi ponovitev izdelave ortofota na območju slabše kakovosti - trigonometrične sekcije: F07, F08 in F09 (Slika 7). Vsi izdelki so bili narejeni v D96/TM. V CAS 2016 ni bila posneta celotna Slovenija, samo njen vzhodni del.



Slika 7: Časovni razmik med ortofoti CAS2014-2015 in CAS 2016: a) 1 leta (2015-2016), b) 2 leta (2014-2016).

V **CAS 2017-19** so oziroma bodo izdelani naslednji ortofoti: OF25 (prostorska ločljivost je 25 cm), OF50 (prostorska ločljivost je 50 cm) in OF50BIR (prostorska ločljivost je 50 cm). Zaradi lažje izvedbe aerofotografiranja visokogorja so se oblike fotogrametričnih blokov spremenjene. Vsi izdelki bodo narejeni v D96/TM.

Prostorska ločljivost

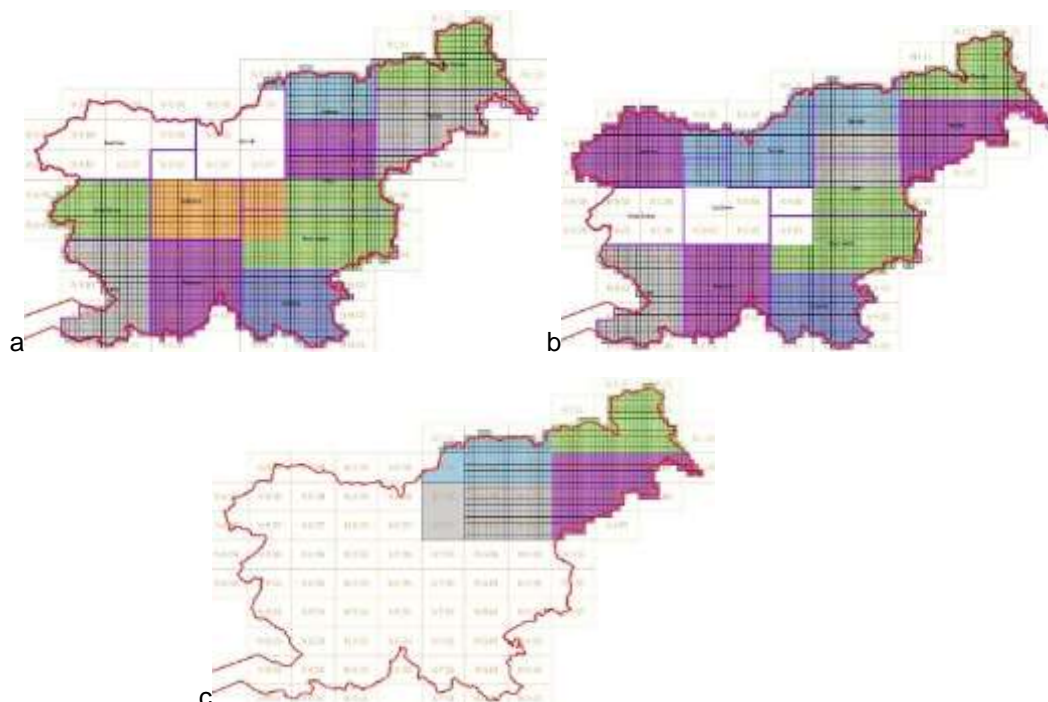
Prostorska ločljivost ortofota je bila opisana že v prejšnjem poglavju o časovni ločljivosti, tako da je tu predstavljena le tabelarično (Tabela 2).

Tabela 2: Prostorska ločljivost ortofotov izdelanih v okviru CAS.

	OF25 [cm]	% pokritosti države	OF50 [cm]	% pokritosti države	BIR [cm]	% pokritosti države
CAS 2006	25	32	50	100	100	100
CAS 2012-14	25	82	50	82	50	82
CAS 2014-15	25	86	50	86	50	86
CAS 2016	25	33	50	33	50	33
CAS 2017-19*	25	100	50	100	50	100

*za CAS 2017-19 so podatki načrtovani

Posamezni cikli CAS, ko celotna Slovenija ni bila pokrita so prikazani na Slika 8.



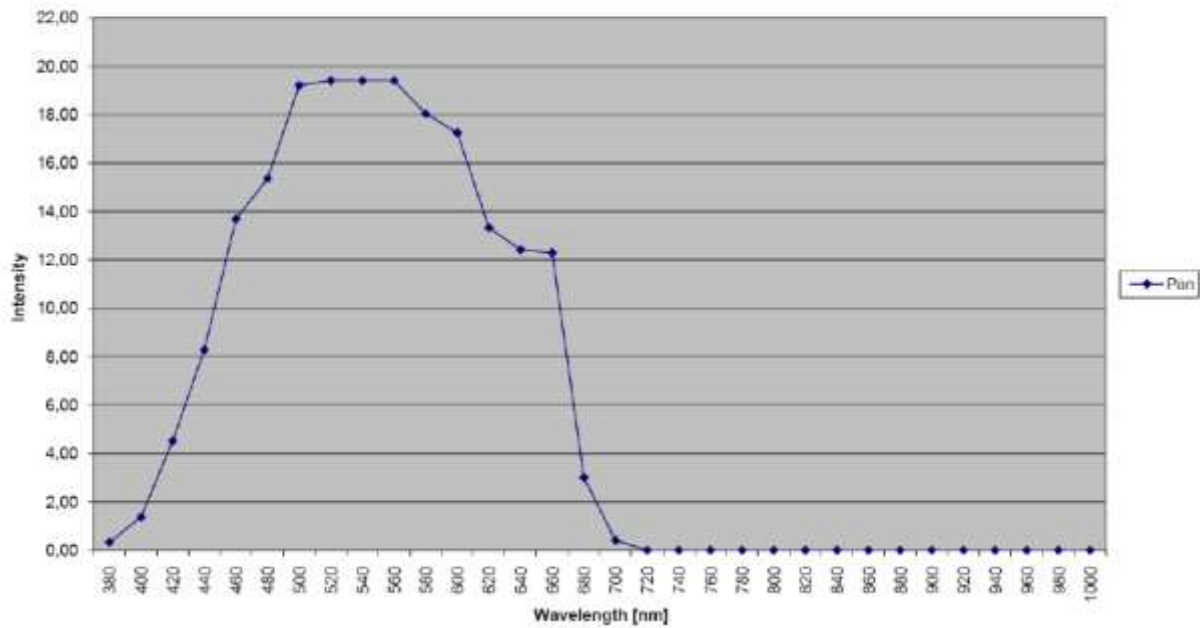
Slika 8: Nepopolni CAS-i: a) 2012-2014, b) 2014-2015, c) 2016.

Spektralna ločljivost

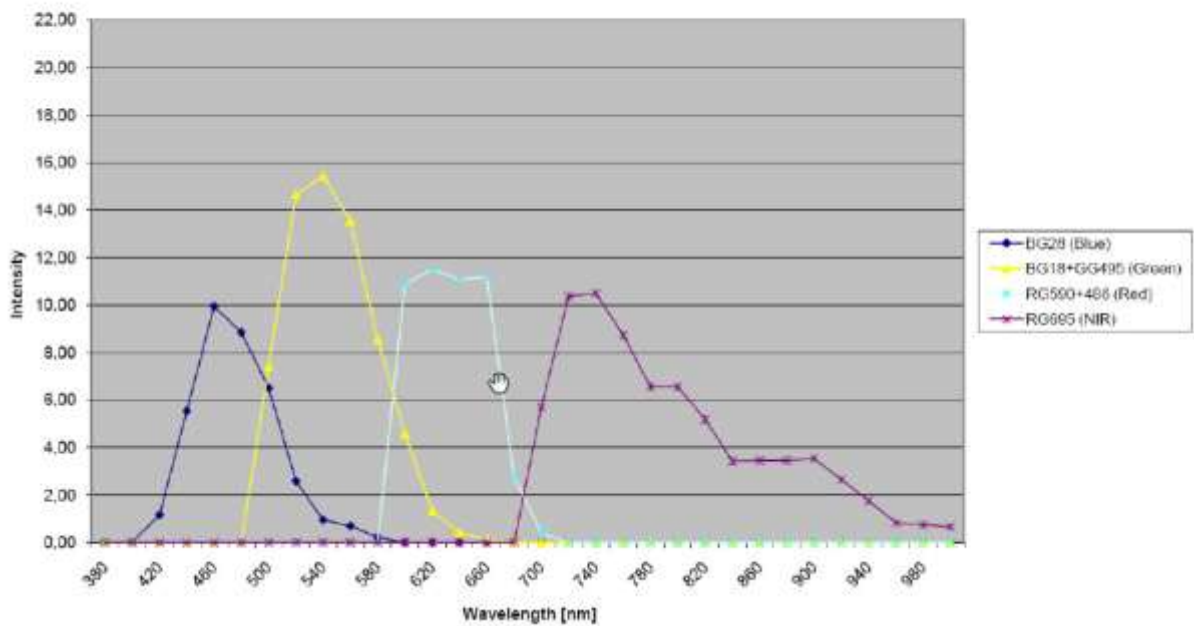
V vseh letih digitalnih CAS snemanj, torej od leta 2006 naprej, so na razpolago 4 kanali in sicer rdeč, zelen in moder ter bližnje infrardeč.

Za CAS 2006 je bil uporabljen en aerofotoaparatus tipa Intergraph DMC. Za CAS 2009-11 so bili uporabljeni 3 aerofotoaparatusi tip Vexcel UltraCam in sicer en tipa SX in dva tipa SXp. Spektralna občutljivost vse treh aerofotoaparatusov je enaka. Za CAS 2012-14 so bili uporabljeni 4 aerofotoaparatusi Vexcel UltraCam in sicer tri tipa SXp in en tipa Eagle. Za CAS 2014-15 sta bila uporabljena 2 aerofotoaparatusa: en tipa Vexcel UltraCam SXp in en tipa Leica DMCII. Za CAS 2016 sta bila uporabljena 2 aerofotoaparatusa: en tipa Vexcel UltraCam SXp in en tipa UltraCam. Spektralna občutljivost za oba aerofotoaparatusa je enaka kot zgoraj. Podrobni grafi spektralne ločljivosti so na razpolago v kalibracijskih poročilih posameznega uporabljenega fotoaparatusa (glej primer na Slika 9).

Spectral Sensitivity Vexcel UCX - Panchromatic
with AR-103 Coating



Spektral Sensitivity Vexcel UCX - Multispectral
with AR-106 Coating



Slika 9: Spektralni odtis kamere Vexcel UltraCam X uporabljene v CAS 2009-2011 (serijska št: 1_9016062_V50).

Radiometrična ločljivost

Radiometrična ločljivost je za vse ortofote enaka in sicer 8 bitov po kanalu. Radiometrična ločljivost za aerofotografije je od 2006 do leta 2014 enaka in tudi 8 bitna, za leti 2015 in 2016 pa se je povečala in sicer na najmanj 11 bitov po kanalu.

Položajna točnost

Položajna točnost ortofota se kontrolira v okviru kontrole CAS (Oven et al., 2014a; 2014b; 2016), neodvisno pa se je izvedla še kontrola na neodvisnem vzorcu v okviru diplomske naloge (Fabiani, 2014; Kosmatin Fras et al., 2014). Predpisana položajna točnost ortofota glede na razpisno dokumentacijo CAS med leti 2009 in 2014 je 1 m (RMSE) z največjimi dovoljenimi odstopanji 3 m (Kosmatin Fras et al., 2014), od leta 2015 naprej pa 0,75 m zaradi uporabe lidarskega DMR 1 m × 1 m (Triglav Čekada, 2016).

Položajna točnost ortofota je izračunana glede na primerjavo med terenskimi meritvami in digitalizacijo identičnih točk na ortofotu. Kontrolne točke se nahajajo na tleh. Kontrola se izvaja na odprtem terenu (brez vegetacije) zato izračunane vrednosti veljajo za odprt teren in ne gozdnate površine. Izračunan je radialni RMSE na podlagi RMSE po posamezni osi. Ob tem je podana še položajna točnost ob 95% stopnji zaupanja (faktor 2,45).

Tabela 3: Izmerjena položajna točnost ortofota.

Položajna ortofota	točnost	RMSEr [m]	Položajna točnost s 95% stopnjo zaupanja [m]
CAS 2006		0,83	2,08
CAS 2009-11		0,71	1,74
CAS 2012-14		0,53	1,30
CAS 2014-15		0,39	0,96
CAS 2016		0,35	0,86

Višinska točnost DMR

Pri izdelavi ortofota je zelo pomembna točnost uporabljenega DMR za njegovo izdelavo. Zato se neodvisno v okviru kontrole CAS kontrolira še DMR 5. DMR 5 je bil do leta 2016 vhodni vir za izdelavo ortofota, po tem letu pa se uporablja DMR 1 m × 1 m izdelan v okviru projekta Lasersko skeniranje Slovenije (2011-2015). Lidarski DMR 1 m × 1 m ima višinsko točnosti 0,15 m, vendar so bili že ob prvi uporabi lidarskega DMR za potrebe izdelovanja ortofoto, podatki ponekod zastareli. Zato izvajalec CAS na območjih večjih sprememb lidarski DMR popravi z 0,4 m višinsko točnostjo na odprtem terenu in 1,2 m na poraščenem terenu (Triglav Čekada, 2016).

Višinska točnost DMR je izračunana glede na primerjavo med terenskimi meritvami in predanim digitalnim modelom reliefa. Izračunan je RMSE. Podatki, razen za leti 2015 in 2016, veljajo za DMR 5, ki je bil izdelan in popravljen s pomočjo fotogrametričnega izrednotenja stereoparov CAS. Ob tem je podana še položajna točnost ob 95 % stopnji zaupanja (faktor 1,96).

Višinska točnost DMR	RMSEr [m]	Višinska točnost s 95 % stopnjo zaupanja [m]
CAS 2006	0,79	1,55
CAS 2012-14	0,95	1,86
CAS 2014	0,91	1,78
CAS 2015-16*	0,4	0,78

*vrednosti o točnosti veljajo za DMR1, ki je bil izračunan iz podatkov laserskega skeniranja Slovenije in popravljen

Tabela 4: Višinska točnost uporabljenega DMR za izdelavo ortofota.

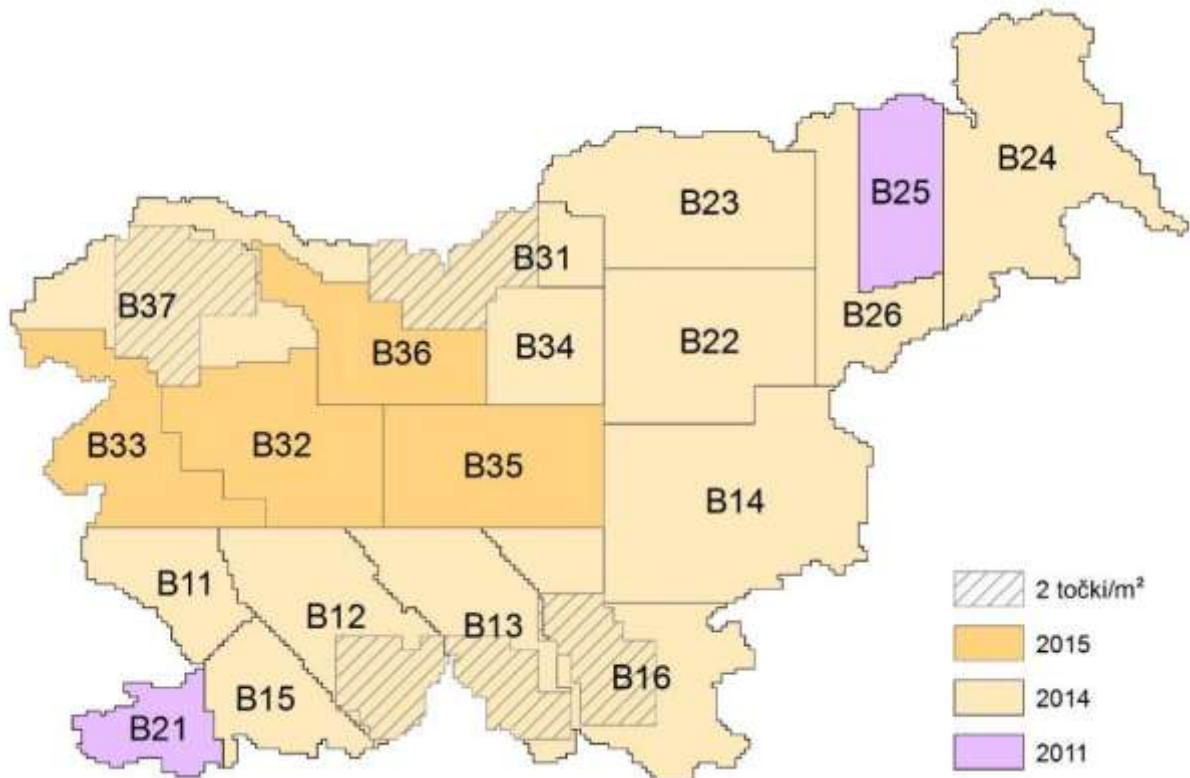
Uporaba v postopku vzdrževanja

Izmed izdelkov Cikličnega aerofotografiranja Slovenije se v postopku vzdrževanja podatkov dejanske rabe uporablja predvsem ortofoto, prostorske ločljivosti 50 cm. Ortofoto, zadnje stanje in arhivski ortofoti predstavljajo temeljni podatkovni vir za interpretacijo dejanskega stanja v naravi. Na podlagi fotointerpretacije operater identificira spremembo, določi vrsto rabe in zajame geometrijo (mejo) spremenjene rabe.

V informacijskem okolju za zajem imajo operaterji na voljo tudi digitalni model reliefa (DMR5), vendar se ta v praksi zelo redko uporablja.

2.1.2.2 Izdelki laserskega skeniranja Slovenije (LSS)

Med leti 2011 in 2015 se je celotna Slovenija lasersko skenirala za potrebe zajema hidrografije in vodnih zemljišč. Večina Slovenije je bila skenirana v letih 2015 in 2016 (Slika 10). Celotna Slovenija se je skenirala z gostoto 5 točk/m², le visokogorska območja in območja velikih gozdov z gostoto 2 točki/m². Skeniranja so se večinoma izvajala v jesenskem in pomladnem času, ko drevje ni olistano. Visokogorje pa tudi v poletnem času, da na njem ne bi bilo preveč snežišč. Ker pa je bilo poletje 2014 zelo mokro in hladno, je v času snemanja žal ostalo še veliko snežišč v visokogorju.



Slika 10: Letnice snemanja posameznih podatkovnih blokov Laserskega skeniranja Slovenije. Meje laserskih blokov se ne ujemajo z mejami fotogrametričnih blokov ali sekcij. Črtkano so označena območja, kjer se je snemanje izvajalo z zmanjšano gostoto 2 točki/m².

Izdelki Laserskega skeniranja Slovenije, ki so brezplačno dostopni na spletnih straneh ARSO (e-vode) so:

- Georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT), kjer so točke klasificirane v šest razredov: tla, nizka (do 1 m višine), srednja (med 1 m in 3 m) in visoka vegetacija (nad 3 m višine), stavbe in neklasificirane točke in shranjene v LAS formatu

- Digitalni model reliefa 1 m × 1 m (DMR1), zapisane v ASCII formatu
- Oblak točk reliefa (OTR): samo točke tal zapisane v LAS formatu
- Podoba analitičnega senčenja DMR1 (PAS), ki je shranjena v datotekah velikosti 5 km × 5 km v rastrskem geolociranem TIF formatu.

Pri zajemu vrste rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč je v letu 2016 prvič na voljo za uporabo le PAS. PAS je izdelan iz DMR 1 m × 1 m, ki prikazuje tla pod vegetacijo in na njem ni grajenih objektov (stavbe, mostovi).

Trenutno se ponovna izvedba državnega laserskega skeniranja še ne načrtuje.

Uporaba v postopku vzdrževanja

Od konca leta 2016 so za obnovo podatkov dejanske rabe prvič na voljo tudi izdelki laserskega skeniranja in sicer podoba analitičnega senčenja (PAS). Izkušenj z uporabnostjo teh podatkov v postopku vzdrževanja zaenkrat še ni. Predvidoma so podatki uporabni kot pomoč pri določanju meje vodotoka in obvodne zarasti ter interpretaciji tehnike obdelave kmetijskega zemljišča.

V začetnem obdobju uvedbe laserskih podatkov v postopek vzdrževanja so se pojavile težave pri fotointerpretaciji na podlagi ortofotov in laserskih podatkov. Operater mora namreč pogosto preklapljati med obema slojema, kar bistveno poveča trajanje operacije, saj je preklapljanje med sloji DMR časovno zelo potratno.

2.1.2.3 Satelitski posnetki

Za potrebe vzdrževanja dejanske rabe se uporabljajo satelitski posnetki zelo visoke prostorske ločljivosti (VHR, Very high resolution) z dvema prednastavljenima načinoma prikaza kot trikanalne rastrske podobe. Barvna (True color) s prikazom rdečega zelenega in modrega kanala ter infrardeča (False color) s prikazom infrardečega, rdečega in zelenega kanala. Tak prikaz se uporabi ne glede na dejstvo, da je na razpolago večje število spektralnih kanalov. Poleg trikanalnih posnetkov v barvni in infrardeči različici je operaterju na voljo tudi serija treh posnetkov. V lanskem letu so se tako uporabili en majski in dva julijska posnetka.

Satelitski posnetki se uporabljajo v primerih, ko zaradi izrednih okoliščin ni na voljo ortofotov. Zaradi slabše radiometrične ločljivosti in pomanjkanje izkušenj operaterjev z interpretacijo satelitskih posnetkov je bila interpretacija otežena. Problem predstavlja tudi interpretacija veččasovnih posnetkov, ki je za interpretacijo z načinom vklapljanja in izklapljanja posameznih posnetkov izredno zahtevna in pogosto ne izkorišča celotnega potenciala, ki ga imajo podatki.

2.1.2.4 Drugi podatki

Od drugih virov bomo izpostavili samo **podatke Zavoda za gozdove Slovenije**, ki so pomembni iz vidika identifikacije ene izmed pogostih sprememb rabe na kmetijskih zemljiščih, in sicer na meji gozdnega roba. Pri vzdrževanju vrste rabe gozd se uporabljajo naslednji podatki:

- gozdni sestoji,
- osnutki gozdnih sestojev,
- gozdni rezervati in varovalni gozdovi,
- dovoljene krčitve gozda (kjer imajo lastniki dovoljenje, da lahko izvedejo krčitev gozda),
- druga gozdna zemljišča (trase daljnovodov).

Operater za zajem vrste rabe ima vse te sloje združene v enoten sloj imenovan ZGS ali imenovan gozdna maska. Tam kjer obstaja sloj Osnutki gozdnih sestojev, se uporablja le tega in ne starejšega uradnega sloja Gozdni sestoji.

Tam kjer se nahaja gozdna maska in na ortofotu operater vidi gozd je vrsta rabe Gozd (2000). Če se znotraj gozdne maske pojavi krčitev (žledolom, vetrolom, požar...) ostane vrsta rabe Gozd in se je ne spreminja.

Na stiku med gozdno masko in kmetijskimi ali urbanimi površinami pa se rob gozda lahko spreminja glede na trenutno stanje vidno na ortofotu – fotointerpretacijo, Gozd preide v ustrezno kmetijsko oz. rabo pozidano zemljišče glede na stanje na ortofotu. Manjša območja krčitev operater popravi sam, večja območja krčitev na stiku (večja od cca. 2500 m²) pa usklajuje MKGP z Zavodom za gozdove.

Prav tako operater pregleda vsa območja Dovoljenih krčitev gozda, kjer ima lastnik dovoljenje za izvedbo krčitve, vendar ni nujno da je to že izvedel. Zato se na takih mestih zapiše stanje, ki se ga interpretira s pomočjo ortofota,

2.2 Primeri dobre prakse v primerljivih evropskih državah

Cilj proučevanja primerov dobre prakse v primerljivih evropskih državah je prenos dobre prakse v Slovenijo. Kot primerljive države smo izbrali države, ki so po karakteristikah in intenzivnosti kmetijstva primerljive Sloveniji ali pa vzdržujejo podatke o dejanski rabi prostora z delno ali popolnoma samodejnimi metodami.

Pri proučevanju primerov dobre prakse smo posebno pozornost namenili zasnovi, vodenju, vzdrževanju in uporabi podatkov o dejanski rabi. Preverili smo vrsto, lastnosti in tehnične specifikacije podatkov daljinskega zaznavanja, ki se uporabljajo za zajem in vzdrževanje dejanske rabe prostora. Proučili smo tudi samodejne postopke vzdrževanja iz vidika metod obdelave podatkov, metod zaznavanja sprememb in predvsem uspešnosti teh metod iz vidika popolnosti in pravilnosti identificiranih sprememb.

2.2.1 Italija

Določanje rabe tal in pokrovnosti je v Italiji v pristojnosti Nacionalnega inštituta za varovanje okolja in raziskave, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), ki deluje pod nadzorom Ministrstva za okolje, kopno in morje. Izvaja se na nacionalni in regionalni ravni, kot tudi na ravni provinc in občin. Pri upravljanju obeh slojev se v večji meri nanašajo na program Copernicus. Program Copernicus je razvila Evropska okoljska agencija, EEA (European Environment Agency), v sodelovanju z mnogimi evropskimi in nacionalnimi inštitucijami. Program Copernicus omogoča dostop do satelitskih posnetkov različnih senzorjev, izvedenih slojev in produktov in in-situ podatkov, pri čimer stremi k zagotavljanju homogene klasifikacije pokrovnosti na evropskem nivoju.

V okviru omenjenega programa so izdelali visokoločljive sloje (HRLs, high-resolution layers) z referenčnim letom 2012. Glavni cilj slojev je spremljanje pokrovnosti v evropskih državah v visoki ločljivosti v povezavi z glavnimi okoljskimi težavami, kot so pozidava in naravna pokrovnost (gozd, travinje, močvirje in stalna vodna telesa). Visokoločljivi sloji so bili izdelani za 39 držav, vključno z Italijo, predstavljajo pa razvoj pokrovnosti Corine (CLC, Corine Land Cover), s predvideno nadgradnjo slojev vsaka tri leta in visoko prostorsko ločljivostjo 20 m. Sloje sestavlja šest rastrskih slojev. Dva sloja predstavljata zvezna pojava z vrednostmi med 0 % in 100 % (stopnja pozidanosti in gostota drevesnih košenj), štirje razredi pa tematske razrede z diskretnimi vrednostmi razredov (tip gozda (iglasti, listnati), travinje, močvirje in stalna vodna telesa).

Vloga inštituta ISPRA je validacija in morebitno izboljšanje tematske točnosti omenjenih slojev. Metodologija izboljšave vključuje uporabo dostopnih nacionalnih virov (karte rabe tal in pokrovnosti), s čimer želijo zmanjšati ročno delo operaterja.

Osnovni visokoločljivi viri so bili pridobljeni s polavtomatsko klasifikacijo na podlagi optičnih satelitskih podatkov RapidEye s prostorsko ločljivostjo 5 m in petimi spektralnimi kanali ter optičnih satelitskih posnetkov AWiFS (Advanced Wide Field Sensor) s prostorsko ločljivostjo 55 m in štirimi spektralnimi kanali. Klasifikacijske metode temeljijo na večspektralni in objektno usmerjeni klasifikaciji optičnih satelitskih posnetkov: veččasovna klasifikacija (uporaba časovnih vrst posnetkov); vegetacijski indeksi (npr. vegetacijski indeks normalizirane razlike); biofizikalni parametri; in uporaba pomožnih podatkov (obstoječi sloji rabe tal in pokrovnosti).

Ciljna natančnost izboljšanih slojev naj bi znašala vsaj 85 %. Verifikacija visokoločljivega sloja zajema tri faze: splošen pregled (General Overview), pogled in začuti (Look and Feel) in statistično verifikacijo (Statistical verification), cilj pa je ugotoviti, na katerih slojih prihaja do pogostih napak. Prva dva koraka verifikacije sta obvezna, tretji pa je priporočljiv. V prvih dveh korakih verifikacija sloni na primerjavi visokoločljivih slojev in visokoločljivih satelitskih (RapidEye, Google Zemlja in Bing kartografske storitve) in letalskih posnetkov (z ločljivostjo 30 cm) ter terenskih in referenčnih podatkov (italijanska topografska karta v merilu 1:25.000, pokrovnost tal Corine, nacionalna mreža rabe tal, nacionalni inventar rabe tal, nacionalni podatki o hidrologiji in kopenskih vodah).

ISPRA je za izboljšanje visokoločljivih slojev razvila nove metodologije, ki temeljijo na uporabi nacionalnih, regionalnih in lokalnih kartografskih podatkov. Glavne težave pri izboljševanju slojev so bile: (a) različne definicije razredov na visokoločljivih slojih in referenčnih podatkih, kar otežuje harmonizacijo, (b) možen zamik med sloji zaradi metode prevzorčenja in koregistracije, (c) časovno izhodišče referenčnih podatkov, uporabljenih za izboljšanje.

Izboljšani visokoločljivi sloji so bili integrirani na nacionalno visokoločljivo karto pokrovnosti.

Univerza v Rimu Tor Vergata je izvedla študijo o avtomatskem postopku klasifikacije pokrovnosti na nacionalni ravni v visoki ločljivosti (30 m) ter na vsakih šest mesecev oceniti spremembo pokrovnosti. Metodologija sloni na uporabi satelitskih posnetkov Landsat 7, pred-obdelavi in mozaičenju, razrezu mozaika na predefinirana območja, klasifikaciji z nevronskimi mrežami in ročnih popravkih ter validaciji rezultatov. Pokrovnost je zaradi poenostavitve in robustnosti avtomatskega postopka predstavljena s 4 razredi: urbane površine, gozdovi, vodne površine in ostale naravne površine (gole površine, skale itd.). Za oceno kakovosti klasifikacije so uporabili aplikacijo Google Zemlja, kjer so najprej naključno izbrali testne točke, nato pa jih primerjali z rezultati klasifikacije. Ocenjena skupna natančnost znaša 93 %.

Za zaznavanje sprememb med dvema posnetkoma in posodobitev osnovnega klasifikacijskega sloja so uporabili algoritem PCNN (Pulse-Coupled Neural Network), ki deluje avtomatsko, ne potrebuje učenja, deluje nenadzorovano, prav tako pa je občutljiv na kontekst posameznega satelitskega posnetka. Pri analizah sprememb pokrovnosti so uporabili tudi radarske posnetke ASAR Envisat in Sentinel-1, ki so se izkazali kot učinkovit vir informacij. V nadaljnjih študijah bodo uporabili optične satelitske posnetke Landsat 8 in Sentinel-2.

2.2.2 Avstrija

Iniciativa Land Information System Austria (LISA) ima cilj preseči pomanjkljivosti obstoječih podatkovnih slojev rabe in pokrovnosti tal z ustvarjanjem dogovora med avstrijskimi deležniki. Pri tem želi implementirati zadnje vrhunsko znanje in inovativne tehnologije ter zagotoviti stroškovno učinkovitost s kombiniranjem satelitskih posnetkov visoke ločljivosti s terenskimi podatki. Prostorski informacijski sistem mora namesto izdelave specifičnih informacij na specifičnih ravneh izpolniti večuporabniški pristop. Največji izziv v projektu LISA (v kasnejših fazah imenovan CadasterENV) je bila integracija različnih osnovnih podatkovnih virov za homogeno izdelavo slojev rabe tal in pokrovnosti.

Brez primerne Nacionalne infrastrukture prostorskih podatkov (NDSI, National Spatial Data Infrastructure) ter dogovorjenega licenciranja in uporabljenih modelov bi bil razvoj učinkovitega sistema za spremljanje okolja nemogoč. Glavno jedro podatkov daljinskega zaznavanja predstavljajo posnetki ortofoto. V zadnjih letih tri različna administrativna telesa skupno financirajo in pridobivajo letalske posnetke v triletnih intervalih s prostorsko ločljivostjo 20 cm. Pomemben vir podatkov predstavljajo podatki zračnega laserskega skeniranja. V koncept LISA so prav tako integrirane evropske storitve v sklopu programa Copernicus (Copernicus land monitoring). Te na eni strani zagotavljajo veččasovno pokritost za območja, ki jih je težko klasificirati zgolj z enim posnetkom na leto, na drugi pa informacijo o t. i. vročih točkah, območjih s spremembami pokrovnosti in rabe tal. Avstrija se pri tem opira tudi na posnetke satelita Pléiades s prostorsko ločljivostjo 2 m. Sistem Pléiades kot naslednik sistema SPOT predstavlja rezultat skupne meddržavne investicije Avstrije, Belgije, Španije in Švedske. To pomeni, da je Avstrija upravičena do posnetkov sorazmerno z višino vložka.

Zahteve uporabnikov so bile prevedene v specifikacije modela podatkov. Uporabili so objektni model, kjer so resnični objekti predstavljeni s t. i. geografskimi značilkami. Geografska značilka je opisana s svojo lastnostjo kot tudi z metodami za njihovo spreminjanje. Pomanjkljivost obstoječih nomenklatur kot je pokrovnost tal Corine (CLC, Corine Land Cover) je neločljiva mešanica razredov pokrovnosti in rabe tal. Zato so v projektu LISA razvili dva ločena modela na različnih ravneh.

Tabela 5: Razredi pokrovnosti tal v projektu LISA.

class		MMU	MVU	accuracy	
abiotic	built-up	1 building	25	50	98% object accuracy 95% n.G.
		2 other constructed area	25	100	95%
	non-built up	3 bare soil	50	500	90%
		4 screes	50	500	90%
		5 bare rock	50	500	85%
	water	6 surface water	50	200	95%
		7 snow	50	500	85%
		8 ice	50	500	85%
biotic	woody	9 trees	25	25 50 1.000	95% strata 1: 25-50m2, object accuracy Strata 2: 50-1.000 m2, Strata 3: >1.000 m2
		10 bushes	50	500	90%
		11 dwarf shrubs	50	500	85%
	herbaceous	12 herbaceous vegetation	50	500	95%
		13 reeds	50	500	95%
unclassified		14 shadow	500	500	

Model pokrovnosti tal vsebuje 13 razredov, ki jih je mogoče pridobiti izključno iz podatkov daljinskega zaznavanja (ortofoto, višinski podatki in satelitski posnetki) in postopki avtomatske segmentacije in klasifikacije v merilu 1:10.000. Minimalna enota kartiranja (MMU, Minimal Mapping Unit) se razlikuje med razredi. Izvedljivost kartiranja pokrovnosti tal so testirali na 49 pilotnih območjih, vsako izmed njih pokriva 30 km². Kartiranje objekta pokrovnosti tal so izvedli z metodo segmentacije – segmenti so bili identificirani glede na spektralne, radiometrične in teksturne parametre. Z uporabo nizov pravil so nato klasificirali posamezne razrede. Popravki in izboljšave avtomatsko pridobljenih rezultatov so bili obravnavani ročno.

Validacija kart pokrovnosti tal iz prve faze je razkrila pomanjkljivosti pri razlikovanju razredov »stavbe« in »ostale pozidane površine« ter površinami z drevesi in grmičevjem. V nadaljnjih fazah so zato za razlikovanje uporabili podatke zračnega laserskega skeniranja. Natančnost prototipov kart pokrovnosti je bila ocenjena statistično z uporabo stratificirane metode naključnega vzorčenja. Dosežena natančnost (95,5 %) je dosegla pričakovanja uporabnikov.

LISA je bila zasnovana z namenom, da izpolni splošne potrebe spremljanja površja, zagotavljanja informacij obstoječega stanja in, najpomembneje, zagotavljanja informacij o spremembah. Zaznavanje sprememb vključuje zahtevno sinhronizacijo dveh tehničnih korakov, razvoj metode za avtomatsko zaznavanje in kartiranje sprememb na osnovi podatkov daljinskega zaznavanja in implementacijo kartiranih geometričnih in tematskih sprememb v bazo LISA. Razvit koncept za zaznavanje sprememb se močno zanaša na orientacijo objekta, kar uporabniku omogoča sledljivost. Vse spremembe izbranega objekta je mogoče opazovati v prostorsko-časovni domeni. Izziv je preprečiti tehnične spremembe, ki bi se lahko slikale kot lažno pozitivne spremembe. To lahko dosežemo z uporabo poligonov pokrovnosti tal začetnega stanja, zamrznitvijo njihove geometrije in spreminjanjem geometrije (in topologije) na posnetkih kasnejšega datuma. Test zaznavanja sprememb pokrovnosti je bil opravljen na devetih testnih območjih, na katerih lahko zasledimo različne tipe pokrajine (npr. poseljeno, alpski gozdovi). Za vsa testna območja je bil normalizirani digitalni model površja na voljo le za klasifikacijo začetnega stanja.

Validacija zaznavanja sprememb pokrovnosti zahteva nekoliko zahtevnejšo analizo kot validacija klasifikacije posnetka pridobljenega v enem času. Število potencialnih pravih rezultatov je lahko

veliko kot produkt števila razredov s številom sprememb med razredi. Maksimalno število potencialnih razredov je tako $n \times n$, kar vodi v matriko napak velikosti $(n \times n) \times (n \times n)$, ki jo je težko interpretirati. Dodatno shema vzorčenja zahteva veliko število testnih vzorcev. Kot alternativo so uporabili dvostopenjski pristop. V prvem koraku so 2300 reprezentativnih poligonov sprememb primerjali z referenčnimi podatki. Dvaindevetdeset odstotkov vseh sprememb je bilo pravilno zaznanih. Drugi korak je bila enostavna validacija je sprememba/ni sprememba na celotnem območju in pravilni mreži, skupaj je bilo pregledanih 2400 točk. Skupna natančnost znaša 97 %. To se zdi kar veliko, vendar je ob tem potrebno upoštevati, da ima velik vpliv na to vrednost veliko število točk klasificiranih kot »ni sprememba«. V tem primeru bolj realno oceno podata proizvajalčeva (84 %) in uporabnikova (83 %) natančnost razreda »je sprememba«.

Rezultati projekta LISA – karte rabe tal in pokrovnosti – odpirajo nova področja aplikacij spremljanja površja. Ena izmed takšnih je npr. klasifikacija tipov pokrovnosti na urbanih površinah. Cilj te aplikacije je identifikacija različnih tipov pokrovnosti znotraj naselij, temelječ na sloju pokrovnosti tal LISA. Za klasifikacijo je izbranih sedem kategorij: samostojne hiše, dvojčki, vrstne hiše, stanovanjski bloki, bloki/nizi stavb, velike zgradbe za shranjevanje in visoke stavbe. Metodologija se opira na integracijo lokacije, odtisa in višinskih parametrov iz podatkov pokrovnosti tal skupaj s katastrskimi mejami. Kombinacija teh podatkov omogoča identifikacijo struktur stavb, od odprtih do zaprtih tipov pokrovnosti. Razlikovanje samostojnih, dvojčkov in vrstnih hiš je mogoče le ob integraciji mej parcel. Dodatni parametri so število stavb na parceli in razmerje zelenih površin. Površine manjše od 35 m² so odstranjene iz podatkovnega seta. Metodologija klasifikacije je bila testirana na dveh pilotnih mestih, Salzburgu in Innsbrucku. Postopek se v okolju ArcGIS prične s presekom sloja pokrovnosti tal s parcelnimi mejami, nato pa oba sloja prostorsko združijo. Za vsako stavbo se izračunajo naslednji parametri: višina in odtis, število stavb na parcelo, razmerje zelenih površin in parcelne meje. Končna klasifikacija sloni na predhodno definiranih pravilih, ki se nanašajo na niz izbranih parametrov za posamezen tip stavbe. Prvi rezultati kažejo, da je mogoče avtomatsko klasificirati 90 % vseh stavb. Težave se pojavljajo pri interpretaciji zaradi napačne višine stavb (deloma zaradi različnih datumov zajema letalskih posnetkov in posnetkov laserskega skeniranja) in zaradi kompleksnih oblik stavb.

2.2.3 Nizozemska

Nizozemska ima bogato zgodovino kartiranja rabe in pokrovnosti tal. V več kot dvajsetih letih so ustvarili edinstveno serijo slojev pokrovnosti tal, ki omogoča pregled statističnih in prostorskih sprememb v pokrajini. Podatki daljinskega zaznavanja, kombinirani z dodatnimi prostorskimi podatki, predstavljajo pomemben vir informacij za karakterizacijo pokrovnosti tal. Na državni ravni obstaja več baz z različno zgodovino, formatom, pogostostjo posodabljanja, ter semantičnimi in prostorskimi detajli. Najpomembnejše štiri baze so naslednje:

- Topografska baza (Top10vector/Top10NL),
- Baza rabe tal - Bestand BodemGebruik (BBG),
- Nacionalna baza rabe tal – Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN),
- pokrovnost tal Corine.

Vse baze pokrivajo celotno ozemlje Nizozemske, a imajo različne lastnosti in so ustvarjene v skladu z različnimi lastnostmi. Baza LGN je najbolj podrobna baza na področju okolja in kmetijstva, ima velik poudarek na pokrovnosti tal in se tudi najbolj pogosto posodablja.

Nizozemska baza pokrovnosti tal (LGN6) je mrežna baza velikost 25 m×25 m, ki prikazuje pokrovnost za 39 razredov pokrovnosti, vključujoč urbane površine, tipe gozdov, vodo, tipe poljščin in številne ekološke razrede. Danes obstaja sedem različic baze LGN, ki se nanašajo na naslednja leta: 1986, 1992/1994, 1995/1997, 1999/2000, 2003/2004, 2007/2008, 2012.

Pri izdelavi LGN6 so uporabili naslednje vire podatkov:

- posnetke satelita Landsat s prostorsko ločljivostjo 30 m in posnetke satelita IRS-P6 s prostorsko ločljivostjo 5.8 m (LISS-IV); 23.5 m (LISS-III); 56 m (AWiFS),
- letalske posnetke z ločljivostjo 0.5 m,

- nizozemsko topografsko karto,
- urbane površine,
- bazo rabe tal,
- bazo naravnih površin in
- prejšnje različice baze LGN.

Tabela 6: Razvoj nizozemske baze pokrovnosti tal od LGN1 do LGN6.

	LGN1 (1986)	LGN2 (1992)	LGN3 (1997)	LGN4 (2000)	LGN5 (2004)	LGN6 (2008)
Number of classes	17	45	39 ^a	39	39	39
Accuracy (%)	67	70–80 ^b	85	90 ^c	81 ^c	85 ^c
Number of satellite images	2 ^d	>10	17	16 ^c	19 ^c	19
Number of time steps	1	2–3	3–4	3	2–4	2–4
Integration with other GIS	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Crop classification base on Top10-vector geometry	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Monitoring land cover changes	No	No	No	Yes	Yes	Yes

^aLGN3: LGN3 consists of 25 classes, LGN3plus consists of 39 classes

^bLGN2: accuracy with mixed classes

^cOnly crop database

^dLGN1: exclusive satellite images for completeness

^eLGN4 and LGN5: without ERS-SAR mosaic

Od različice LGN4 naprej so zasnovali metodologijo, ki omogoča spremljanje sprememb pokrovnosti tal na dosleden in točen način. Nomenklatura baze LGN je bila agregirana na osem razredov: urbano, sadovnjaki, rastlinjaki, kmetijske površine, vode, infrastruktura, gozd in narava. Kot je razvidno iz tabele 7, so satelitske posnetke uporabili za klasifikacijo gozdov, travnikov, krompirja, sladkorne repe, pšenice in ostalih poljščin. Za preostale razrede so uporabili podatke iz ostalih podatkovnih baz ali letalske posnetke.

Tabela 7: Vrste rabe v nizozemski bazi vrste rabe tal.

Top10vector ^a	Greenhouses, orchards, tree and fruit nurseries, main roads and railways
Top10vector buildings	Primary and secondary built-up areas; buildings in agricultural areas
Land use and urban areas of 2003	Urban classes
Natural areas of 2007	Sand and dune classes, swamp classes, natural grasslands
LGN5	Fresh and salt water, salt marshes, raised bogs classes, swamp classes
Satellite imagery ^b	Grassland, maize, potato, sugar beet, wheat, other crops and flower bulbs; forest classes; heath land classes
Aerial photographs ^b	Dune classes

^aTop10vector geometry and thematic content plays a role for each LGN6 class at an earlier stage

^bBoth remote sensing sources were used to detect land cover changes

Prvi korak klasifikacije poljščin je izbira kmetijskih parcel iz baze Top10vector. Kmetijske parcele z več kot eno poljščino so nadalje ročno razdeljene z uporabo satelitskih posnetkov. Nato so izvedli veččasovno klasifikacijo, ki temelji na vegetacijskem indeksu NDVI. Klasifikacija nekaterih poljščin temelji na razlikovanju fenologije. V splošnem so uporabili nenadzorovano klasifikacijo z nadaljnjim ročnim popravljanjem.

Spremembe pokrovnosti tal spremljajo za osem agregiranih razredov med LGN5 in LGN6 in med LGN6 in LGN7. Med letoma 2003 in 2008 se je spremenilo 0,62 % ozemlja. Skoraj 50 % sprememb pokrovnosti predstavljajo spremembe kmetijskih površin v urbano. Pri analizah so ugotovili, da je število sprememb zaradi metodologije mnogo večje kot število dejanskih sprememb.

Pri izdelavi zadnje različice LGN7 (2012) so uporabili:

- TOP10NL, verzija 2012);
- katastrske topografske podatke,
- LPIS2012 (Land Parcel Information System),
- Nizozemsko digitalno karto pokrovnosti (BBG2008) in
- Osnovno karto 2012 (BKN2012).

V pomoč so jim bili satelitski posnetki dostopni preko nacionalnega portala (NSD), kar je zelo izboljšalo klasifikacijo kmetijskih površin.

(<http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/Environmental-Research/Facilities-Products/Land-use-database-of-the-Netherlands/What-is-the-LGN-database.htm>)

Aktivnosti Nizozemske na področju Corine pokrovnosti tal so neodvisne od izdelave nacionalne baze LGN. Eden izmed razlogov je tudi ta, da dolgoročna vizija posodabljanja Corine baze še ni tako stabilna, da bi jo lahko sinhronizirali z nacionalno bazo. Prav tako so zgodovina, prostorska ločljivost in semantika obeh baz različni, kar otežuje njuno harmonizacijo.

Vizija v prihodnosti je posodabljanje baze letno, z večjo podrobnostjo klasifikacije poljščin. Še v večji meri uporabiti različne produkte daljinskega zaznavanja – optične in radarske posnetke (Hazeu, 2013).

2.2.4 Nemčija

Na podlagi tripartitnega dogovora med BKG (Državni urad za geodezijo in kartografijo), UPBA (Državni urad za okolje) in BMU (Ministrstva za okolje, naravo in jedrsko varnost) so se v Nemčiji odločili za dolgoročen projekt vzpostavitve vektorske baze pokrovnosti in rabe prostora. Vzpostavitev temelji na uporabi obstoječih nacionalnih podatkovnih virov v kombinaciji z metodami daljinskega zaznavanja. Projekt se imenuje DLM (Digitales Landschaftsmodell für die Aufgabe und Zwecke des Bundes) ali krajše kar DLM-DE. Poleg nacionalnih in regionalnih (zveznih) potreb zasleduje DLM-DE pristop »bottom up« ter integracijo nacionalne baze v vseevropsko bazo pokrovnosti (CLC).

Začetki projekta segajo v leto 2007, v letu 2009 je bil vzpostavljen prvi zvezni sloj pokrovnosti, do leta 2012 so bile izvedene številne izboljšave. Prva vzpostavitev baze DLM-DE je temeljila na obstoječih podatkovnih bazah ter pristopa od spodaj navzgor. Obstoječe vektorske baze so v letu 2006 nadgradili z IMAGE2006 ter drugih virov (FTS, REFINA, ...).

Prva obnova je potekala v letu 2009. Kot osnova je služila baza vzpostavljena leta 2006. Kot vir izboljšave so bili uporabljeni poligoni CLC (poselitve, transporta, vegetacije in vode), obnova pa je temeljila na dostopnih podatkih daljinskega zaznavanja. Le tako so lahko na ustrezen ter časovno in finančno vzdržen način obnovili podatke za celotno državo. Kot osnovni vir so bili uporabljeni več - časovni posnetki RapidEye z ločljivostjo 5 m kot dopolnilo pa posnetki DMC z ločljivostjo 32 m. Uporabljeni so bili tudi drugi viri (IMAGE2006, državni ortofoto, produkti Copernicus). Obnova in verifikacija je potekala kot delno avtomatiziran proces. Minimalna enota kartiranja (MMU) je bila 1 ha za vsa območja in vse kategorije pokrovnosti.

V letu 2012 je potekala naslednja obnova sloja pokrovnosti. Zasnovane so bile nekatere metodološke spremembe, za obnovo pa uporabljeni satelitski posnetki RapidEye 2011, RapidEye 2012, DMC (Disaster Monitoring Constellation), IMAGE2012, SPOT, IRS, DOF, DTK. Enota kartiranja je ostala 1 ha. Vzpostavljen je bil nov klasifikacijski sistem, na podlagi katerega so lahko vzpostavili povezavo med nacionalno bazo podatkov in kategorijami rabe CLC. Hkrati sta se vzpostavili ločeni bazi za sloj pokrovnosti in sloj rabe kar ponuja popolnejše podatke o vsakem poligonu ter možnost križnega povezovanja z drugimi bazami (npr. CLC).

V prihodnosti predvidevajo izboljšavo z uporabo Sentinel-1 in Sentinel-2, predvsem na območju kmetijskih zemljišč in vzpostavitve ločnice med obdelovalnimi površinami in travinjem.

2.2.5 Estonija

Estonija je na področju daljinskega zaznavanja v zadnjih letih aktivna pri zaznavanju aktivnosti na travnatih površinah. Travniki so eden izmed najpogostejših tipov pokrovnosti, ki so upravičene do izplačil subvencij v sklopu Skupne kmetijske politike, CAP (EU Common Agricultural Policy). Zahteva za izplačilo subvencije je vzdrževanje travnikov v dobrih kmetijskih in okoljskih pogojih, kar pomeni košenje ali pašo vsaj enkrat na leto. Nacionalne agencije, zadolžene za plačilo subvencij, so primorane opravljati kontrolo prijavljenih kmetijskih površin. Vsako leto je namreč zaradi neaktivnih kmetovalcev, ki prijavijo subvencijo, a svojih površin ne obdelujejo, izgubljenih na desetine milijone evrov davkoplačevalskega denarja. Zgolj v Estoniji je ekonomski učinek ocenjen na 441.000 evrov na leto. Validacija z vizualno interpretacijo in terenskimi obiski navadno poteka na omejenem številu izbranih območjih.

Nedaven začetek operativnega delovanja satelitov Sentinel, ki zagotavljajo sistematično opazovanje Zemlje v visoki prostorski in spektralni ločljivosti, predstavlja veliko priložnost za vključevanje daljinsko zaznanih podatkov v postopke kontrole. Opazovanje kmetijskih površin je pomemben del daljinskega zaznavanja že od prvih začetkov inštrumentov za opazovanje Zemlje. Metode za spremljanje kmetijskih praks in donosov z uporabo optičnih satelitskih posnetkov so dobro znane in dovršene. Največja težava optičnih satelitskih posnetkov je nezmožnost zagotavljanja podatkov v oblačnem vremenu. To težavo preseže uporaba podatkov umetno odprtinskega radarja, SAR (Synthetic Aperture Radar), prav tako pa podatke zagotavlja za večje območje.

V nedavni raziskavi so ugotavljali povezavo med dvanajstdnevno časovno interferometrično koherenco pasu C in košnjami travnika. Osredotočili so se na vpliv, ki ga ima časovna razlika med košnjo in zajemom interferometrije na vrednosti koherence. Prav tako so analizirali vpliv padavin na koherenco, saj je bila pomembnost upoštevanja meteoroloških učinkov pri interpretaciji prikazana že v prejšnjih raziskavah. Raziskava je bila podprta s terenskimi meritvami, kjer so na šestih travnikih vsak teden od maja do septembra izmerili višino travinja, suho in mokro biomaso nad tlemi in vlažnost prsti. Na njivah so beležili tudi dogodke košenja.

Glavni vir podatkov za detekcijo košenj na travnikih so vektorske meje parcel in časovne vrste radarskih posnetkov satelita Sentinel-1. Z uporabo teh vremensko neodvisnih radarskih posnetkov je

možno zanesljivo in natančno spremljanje statusa in vzdrževanja travnikov. Prav tako je potrebno poudariti, da so po zaslugi odprte politike radarski posnetki Sentinel-1 dostopni brezplačno, kar omogoča cenovno ugodno opravljanje storitve zaznavanja košenj. Edini omejitvi pri uporabi podatkov Sentinel-1 sta prostorska ločljivost, saj je možno zgolj opazovanje travnikov, ki so širši od 70 m, in pa velika količina podatkov. Za celotno Evropo bi ob 150-250 preletih na leto potrebovali 390 TB prostora.

Rezultati razkrivajo, da so vrednosti koherenc statistično značilno večje po košenju v primerjavi pred košnjo. Več dejavnikov je oviralo povečanje koherence po košnji. Ti faktorji so bile kmetijske aktivnosti kot sejanje ali oranje, višina trave, hitra rast trave in padavine pred zajemom podatkov. V prihodnje bodo pri analizah uporabili 6-dnevne posnetke satelitov Sentinel-1A in 1B.

2.2.6 EAGLE (European Action Group for Land Monitoring in Europe)

Hkrati z razvojem nacionalnih konceptov (metodologij) za izboljšanje podatkovnih struktur in procesov za analizo pokrovnosti in rabe prostora so vzpostavljene tudi mednarodne aktivnosti. Ena takih je iniciativa EAGLE. Sprva je iniciativa delovala na prostovoljni ravni, od leta 2014 pa jo financira Evropska agencija za okolje (EEA) ter združuje strokovnjake z Avstrije, Češke, Finske, Nemčije, Madžarske, Nizozemske, Norveške, Portugalske, Španije, Švice in Velike Britanije.

Iniciativa EAGLE deluje v smeri izboljšanja prikaza stanja prostora (rabe in pokrovnosti) kakor tudi spremljanje spreminjanja rabe in pokrovnosti v časovnih presekih. V okviru iniciative EAGLE so glavni cilji:

- razločevati rabo prostora in pokrovnost (vzpostaviti dva ločena podatkovna sloja),
- vzpostaviti sistem, ki bo omogočal popolne informacije o obeh podatkovnih slojih,
- vzpostaviti sistem, ki bo omogočal uporabo podatkov z nacionalne ravni pri podpori Evropskega sistema spremljanja stanja prostora (od spodaj navzgor),
- vzpostaviti podatkovni model in semantično matriko med vrstami rabe/pokrovnosti za prehode iz različnih nacionalnih klasifikacij v enotni sistem,
- vzpostaviti orodja za semantično transformacijo podatkov iz nacionalnih ravni na evropsko raven.

Glavna doprinosa EAGLE projekta sta **EAGLE matrika** (semantična matrika različnih klasifikacijskih sistemov za razvrščanje v kategorije rabe, pokrovnosti in nadalje krajine) in **EAGLE podatkovni model** (predstavljen z UML). Model je objektno orientiran, kjer vsaki površinski enoti (land cover unit) pripišemo karakteristike rabe, pokrovnosti ter drugih značilnosti. Klasifikacijske razrede lahko tako medsebojno primerjamo, ter površinske enote poljubno združujemo po karakteristikah.

EAGLE model temelji na velikem številu informacij. Nekatere od teh informacije je mogoče pridobiti z daljinskim zaznavanjem, še posebej informacije o pokrovnosti in značilnosti krajine, pri čemer se priporoča uporabo Sentinel 2, ki omogoča 2-3 dnevno dostopnost podatkov ločljivosti 10 m x 10 m.

Raba prostora je funkcionalna razsežnost uporabe prostora in je ni mogoče določati z metodami daljinskega zaznavanja. Pridobivanje podatkov rabe prostora temelji predvsem na izkušnjah vizualne interpretacije foto posnetkov oziroma je za učinkovito interpretacijo potreben širok nabor dodatnih informacij.

Izziv današnje evropske skupnosti je vzpostavitev integralni podatkovni model za različne evropske potrebe (kot npr. EEA in Eurostat) in različne produkte (kot so CLC, HRLs, Urban Atlas) ter hkrati za potrebe na nacionalnih ravneh. Pomanjkanje harmonizacije med nacionalnimi in evropskim sistemom spremljanja stanja prostora vodi v neučinkovitost rabe virov, tematsko prekrivanje in zbiranje podobnih podatkov na različnih ravneh za različne potrebe.

Aktivnosti EAGLE so bile razpoznanе in vključene tudi v HELM (Harmonised European Land Monitoring) projekt, ki je v obdobju 2011-2013 potekal v okviru 7OP in združeval praktično vse članice EU. Usmeritev HELM projekta je ustvariti skupno platformo za izmenjavo mnenj in dobrih praks za vzpostavitev in izboljšanje evropskega sistema spremljanja stanja prostora. (<http://www.fp7helm.eu/>).

Trenutno poteka pilotni projekt harmonizacije LU/LC med LUCAS (Land Use and Cover Area Frame Survey) in nacionalnimi sistemi.

2.2.7 MARS (Monitoring Agricultural ResourceS)

V okviru skupnega razvojnega centra (Joint Research Centere) Evropske komisije se vsako leto izvede MARS konferenca, kjer lahko članice EU in njihovi podporni organi izmenjajo mnenja ter izpostavijo probleme v povezavi z evropsko kmetijsko politiko, njenim izvajanjem ter podpornimi sistemi.

JRC je znanstveno in tehnološko podporno okolje za implementacijo skupne kmetijske politike EU in njenih instrumentov.

Pri pregledu objavljenih prispevkov na konferenci v letu 2015 smo bili osredotočeni na pristope za pridobivanje informacij iz satelitskih posnetkov ter orientiranost držav v polavtomatsko zajemanje podatkov.

Estonija (Voormansik s sod., 2015) in tudi Italija izpostavljata, da so morali zaradi neučinkovitega sistema, del sredstev pridobljenih iz evropske kmetijske politike, vrniti. Nemogoče je narediti popoln pregled nad vsemi aktivnostmi, predvsem pa je interes vseh držav, da pridobijo sredstva upravičenci in ne morebitni »špekulanti«. Prav zato vidijo države priložnost v naprednejših tehnologijah in dostopnih podatkih.

Med državami, ki so izpostavile smiselnost prehoda na satelitske posnetke so Slovenija (Milčinski G., 2015), Italija (Volpe F., Rossi L., 2015), Estonija (Voormansik s sod., 2015), Finska (Munk A., 2015). Prav vsi izpostavljajo smiselni prehod na Sentinel-1 in Sentinel-2 ter izpostavljajo prednosti pred ostalimi visokoločljivostnimi satelitskimi posnetki, kot so vremenska neodvisnost, radarski valovi, zagotovljena časovna vrsta (4-5 dni), prosto dostopna politika, ustrezna ločljivost (10 m). Kot slabost so Voormansik s sod. (2015) izpostavili možnost uporabe le na parcelah širših od 70 m (z večanjem ločljivosti bi bilo mogoča uporaba na parcelah s širino nad 30 m) ter velikosti podatkov (390 TB/leto), zato predlagajo vzpostavitev dostopa v oblaku, ter prenos »lahkih« vsebin do uporabnika. Milčinski (2015) opozarja da posnetki niso primerni za digitalizacijo (robovi parcel).

Volpe F., Rossi L., 2015 (Italija) vidijo v Sentinel-2 novo možnost podatkov za izvajanje kmetijske politike ter spremljanje posevkov v celoletnem življenjskem ciklu, nadzor nad pašniki ter njihovim vzdrževanjem, nadzor nad spremembami v rabi tal ne le na območju države in za potrebe kmetijske politike, temveč na območju Evrope (gozd, urbane površine, vode, itd).

V Italiji (Volpe F., Rossi L., 2015) vidijo uporabnost Sentinela na področju kmetijske politike predvsem za:

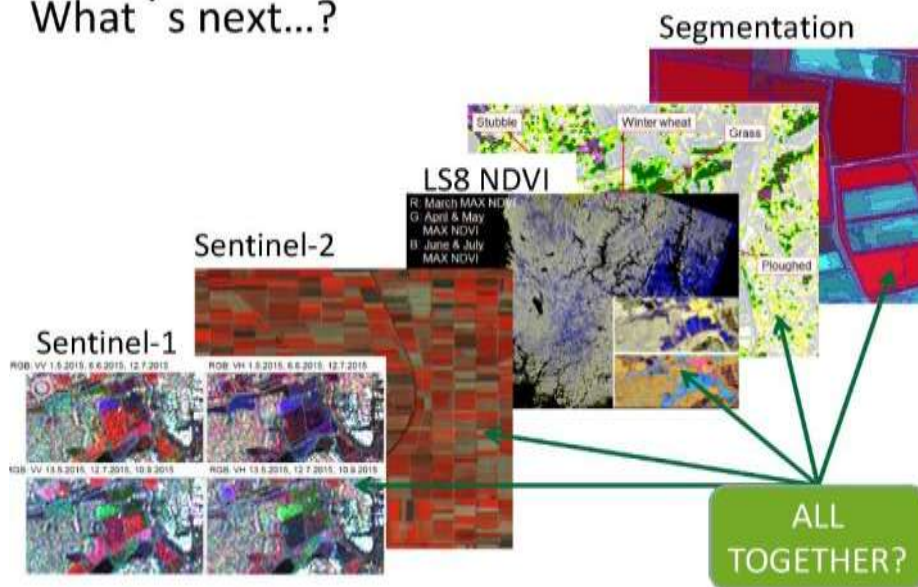
- preverjanje dejanskih in prijavljenih površin za upravičenost do subvencij EU,
- preverjanje prisotnosti določenih poljščin,
- preveriti raznovrstnosti rastlin (merila za ozelenitev),
- preverjanje stanja in vzdrževanosti trajnih pašnikov.

Podatki bi bili uporabni čez vse leto, na različnih kmetijskih rabah in za preverjanje faz rasti poljščin in travinje.

Dostopnost Sentinela-2 bo odločilno vplivala na zajem podatkov ter nadzor kmetijske politike. Avtorji opozarjajo, da bo imela odločilen vpliv na obstoječi informacijski sistem ter izplačila.

Tudi na Finskem (Mink, 2015) izpostavljajo, da je prihodnost za nadzor in izvajanje kmetijske politike prehod na satelitske posnetke (Slika 11). Preverjanje neposredne uporabnosti še niso naredili.

What 's next...?



Slika 11: Munk A., 2015 CwRS, The Finnish Experience. Internet: (Pridobljeno 11.11.2016)

Estonia (Voormansik s sod., 2015) ima že rezultate uporabnosti Sentinela-1 na območju travinje za potrebe kmetijske politike (glej pod Estonijo). Testirali so uporabo podatkovnega vira v obdobju od maja do avgusta na 6 različnih travnikih. Zanimala jih je vegetacija, visokost travinje in stanje košnje ter talna vlaga. S pridobljenimi rezultati ter uporabnostjo Sentinela-1 so bili zelo zadovoljni. V letu 2016 bodo že začeli z uporabo podatkov za permanentno spremljanje travinje.

Pomembnost prehoda in uporabno vrednost Sentinela je izpostavil tudi Milčinski (2015), Slovenija. Poudarja možnost statističnih obdelav podatkov ter predvsem hitro spremljanje stanja v prostoru. Prav tako vidi veliko možnost v nadgradnji kmetijskega informacijskega sistema, ter večji nadzora nad kmeti. Opozarja na veliko možnost avtomatične identifikacije sprememb ter usmerjenost dela operaterja le na območje, kjer so spremembe zaznane. Zaradi tedenske dostopnosti podatkov je omogočen zgodnji sistem opozarjanja na spremembe. Uporaba tedensko svežih podatkov bi zmanjšala obseg neupravičenih prijav, saj bi kmetje vedeli, da so nenehno nadzorovani.

Na prehod kmetijske politike v nove tehnologije opozarjajo tudi predstavniki JRC (Milenov s sod., 2015) ter poudarjajo, da bo Sentinel-2 postal primarni vir za nadzor kmetijske politike (v kombinaciji z Landsat-8) in S-1. Za kontrolo izplačila v državah članicah se bosta v prihodnje uporabljala S-1 in S-2 (sprememba vegetacije, zatavljanje, nekateri ukrepi kmetijske politike, itd). Potencial je v visoko avtomatiziranih procesih na odprtokodni programski opremi z izdelavo časovnih kart pridelkov.

V novembru (24-25.11.2016) je bila 22 MARS konferenca (Lisbona). Iz pregleda najavljenih prispevkov je moč čutiti povečane aktivnosti v smeri uporabe Sentinela za zajem rab in učinkovitost kmetijske politike (Potential use of SENTINELS for the IACS purposes (CZ AGRI Project); Potential of Sentinel-1 images for identification of agricultural crops (Navarro, A); Automatic classification of land cover for the needs of CAP using Sentinel data. A proactive approach (Kapnias, D;...).

2.3 Pregled alternativnih podatkov daljinskega zaznavanja

Cilj je določitev nabora možnih alternativnih podatkov daljinskega zaznavanja za potrebe vzdrževanja podatkov dejanske rabe.

2.3.1 Satelitski optični posnetki

Za zajem podrobnih informacij o stanju na kmetijskih in gozdnih površinah je zahtevana razmeroma visoka položajna natančnost in ponovljivost opazovanj. Poleg cikličnih aerofotografiranj, ki se v Sloveniji izvajajo redno na tri leta, je potencial prostorsko in časovno visokoločljivih satelitskih opazovanj sistematično slabo raziskan in v operativnem pogledu ta vir podatkov ostaja neizkoriščen. Po letu 1999 je bilo v nizko zemeljsko tirnico izstreljenih več optičnih satelitov, ki zajemajo posnetke visoke ločljivosti. Visokoločljivi satelitski posnetki so se v zadnjih letih že uveljavili kot pomemben vir podatkov pri obnavljanju podatkov v prostorskih topografskih bazah. Pomembna prednost je, da so mnogi multispektralni posnetki danes dostopni brezplačno (npr. Sentinel-2 in Landsat 8), medtem ko gre pričakovati, da se lahko ta trend v prihodnosti razširi tudi na zelo visoko ločljive multispektralne satelitske vire.

Satelitski sistemi delujejo v vidnem, infrardečem in mikrovalovnem (radarskem) delu elektromagnetnega spektra, njihov izdelek so pankromatski in multispektralni posnetki. Multispektralni posnetki (MS) imajo običajno dva- do štirikrat slabšo prostorsko ločljivost kot pankromatski posnetki (PAN), vendar v veliki meri pripomorejo k boljši vsebinski interpretaciji podob, z metodami ostrenja (*ang. pan-sharpening*) pa tudi k njihovi boljši upodobitvi. Tako dobimo podobe, ki imajo dobre spektralne lastnosti (4 ali več kanalov) in visoko prostorsko ločljivost. Podatke o elementih pokrovnosti površja na satelitskih posnetkih (oziroma poljubnih objektih) lahko pridobimo s postopkom klasifikacije.

Osnovne značilnosti trenutno delujočih optičnih satelitov za opazovanje Zemlje višjih ločljivosti prikazuje preglednica spodaj (Tabela 8). Vsi spodaj omenjeni satelitski sistemi omogočajo tudi stereo (parni) zajem zemeljske površine, razen satelita Sentinel-2. Stereo posnetki satelitskih sistemov se uporabljajo predvsem za pridobivanje informacij o oblikovanosti površja in omogočajo enovitost izdelanega modela in pridobitev natančnih podatkov o višinah za razmeroma velika območja v kratkem času. Vse navedene cene so podane v evrih za posnetke velikosti 100 km² in vključujejo pankromatski in štiri multispektralne kanale posnetka.

Tabela 8: Osnovne značilnosti trenutno delujočih optičnih satelitskih sistemov.

Satelit (lastnik)	Datum izstrelitve	Višina orbite [km]	Radiometrična ločljivost (Dinamični razpon/format dostavljanja) [bit]	Pankromatski kanal		Multispektralni kanali		Širina pasu v nadirju [km]	Ponovno snemanje [število dni]
				Razpon valovnih dolžin [nm]	Ločljivost [m]	Razpon valovnih dolžin [nm]	Ločljivost [m]		
GeoEye-1 (DigitalGlobe)	6.9.2008	770	11/16	450-900	0,46	M: 450-510 Z: 520-580 R: 655-690 NIR: 780-920	1,84	15,2	3
SPOT6 (Airbus)	9.9.2012	694	12 / 16	450-745	1,5	M: 455 – 525 Z: 530 – 590 R: 625 – 695 NIR: 760 – 890	6	60	1
SPOT7 (Airbus)	7.6.2014	694	12 / 16	450-750	1,5	M: 450-525 Z: 530-590 R: 625-695 NIR: 760-890	6	60	1

Satelit (lastnik)	Datum izstrelitve	Višina orbite [km]	Radiometrična ločljivost (Dinamični razpon/format dostavljanja) [bit]	Pankromatski kanal		Multispektralni kanali		Širina pasu v nadirju [km]	Ponovno snemanje [število dni]
				Razpon valovnih dolžin [nm]	Ločljivost [m]	Razpon valovnih dolžin [nm]	Ločljivost [m]		
Pléiades-1A (Airbus)	16.12.2011	694	12 / 16	480-830	0,5	M: 430-550 Z: 490-610 R: 600-720 NIR: 750-950	2	20	1
Pléiades-1B (Airbus)	2.12.2012	694	12 / 16	480-830	0,5	M: 430-550 Z: 490-610 R: 600-720 NIR: 750-950	2	20	1
WorldView-2 (DigitalGlobe)	8.10.2008	770	11 / 16	450-800	0,46	Coastal: 400-450 M: 450-510 Z: 510-580 Yellow: 585-625 R: 630-690 RedEdge: 705-745 NIR1: 770-895 NIR2: 860-1040 SWIR: 1195-2365 CAVIS: 405-2245	1,84	16,4	1,1
WorldView-3 (DigitalGlobe)	13.8.2014	617	11 / 16	450-800	0,31	Coastal: 400-450 M: 450-510 Z: 510-580 Yellow: 585-625 R: 630-690 RedEdge: 705-745 NIR1: 770-895 NIR2: 860-1040 SWIR: 1195-2365 CAVIS: 405-2245	1,24 m (MS), 3,7 m (SWIR), 30 m (CAVIS)	13,1	1
Sentinel-2A (ESA)	23.6.2015	786	12 / 16	/	/	1: 443 (20) 2: 490 (65) 3: 560 (35) 4: 665 (30) 5: 705 (15) 6: 740 (15) 7: 783 (20) 8: 842 (115) 8a: 865 (20) 9: 940 (20) 10: 1375 (30) 11: 1610 (90) 12: 2190 (180)	10 m (2,3,4,8), 20 m (5,6,7,8a, 11 in 12), 60 m (1,9,10)	290	10 oziroma 5
Landsat 8 (NASA)	11.2.2013	705	12 / 16	500-680	15	DeepBlue:433-453 M: 450-515 Z: 525-600	30	185	16

Satelit (lastnik)	Datum izstrelitve	Višina orbite [km]	Radiometrična ločljivost (Dinamični razpon/format dostavljanja) [bit]	Pankromatski kanal		Multispektralni kanali		Širina pasu v nadirju [km]	Ponovno snemanje [število dni]
				Razpon valovnih dolžin [nm]	Ločljivost [m]	Razpon valovnih dolžin [nm]	Ločljivost [m]		
						R: 630-680 NIR: 845-885 SWIR: 1360-1390 SWIR2: 1560-1660 SWIR3: 2100-2300 TIRS: 1060-1119 TIRS2: 1150-1251			

Poleg satelitov in njihovih produktov navedenih v zgornji tabeli, obstajajo tudi visokoločljivi zgodovinski posnetki satelita QuickBird-2 s prostorsko ločljivostjo 0,65 m (PAN) in 2,5 m (MS), ki je bil po 14-ih letih opazovanja Zemlje upokojen januarja 2015. Podobno je bilo s satelitom IKONOS, upokojenim marca 2015, ki je imel prostorsko ločljivost 0.82 m (PAN) in 3,2 m (MS), Zemljo pa je opazoval neprekinjeno 16 let.

Zastopniki komercialnih satelitov svoje produkte prodajajo, cena posnetkov je odvisna od tipa kupljenega produkta, njegove ločljivosti, števila kanalov, predobdelave posnetkov, arhiviranih oziroma novo naročenih snemanj, itd. Revolucija v daljinskem zaznavanju se je zgodila s sateliti, ki ponujajo brezplačen dostop do vseh svojih produktov za vse uporabnike (Sentineli, Landsat 8). Ti imajo v splošnem slabšo ločljivost od komercialnih visokoločljivih satelitskih posnetkov, ampak ponujajo višjo radiometrično ločljivost in - kar je najpomembneje - cikličnost posnetkov. Cene satelitskih posnetkov so podane v Tabela 9.

Tabela 9: Uporaba in cena optičnih satelitskih posnetkov.

Merilo	Satelitski sistem	Prostorska ločljivost (m ²)	Število kanalov	Cena (arhivsko / novo snemanje) na 100 km ²
1:5.000	GeoEye-1	1,84 MS, 0,46 PAN	5 (4 MS + 1 PAN)	1600 € / 2500 €
	WorldView-2/3	1,24 MS, 0,31 PAN	11 (10 MS + 1 PAN)	1600 € / 2500 €
	Pléiades-1A/1B	2 MS, 0,5 PAN	5 (4 MS + 1 PAN)	1200 € / 2100 €
1:25.000	SPOT6/7	6 MS, 1,5 PAN	5 (4 MS + 1 PAN)	3800 € / 4600 €
	Sentinel-2A	10 MS	13 MS	Brezplačen
1:50.000	Landsat 8	30 MS, 15 PAN	11 (10 MS+1 PAN)	Brezplačen

V marcu 2017 je bil izstreljen še satelit Sentinel-2B, ki bo z istimi lastnostmi kot njegov predhodnik (Sentinel-2A) omogočil časovno še pogostejše globalno opazovanje Zemlje, t.j. na vsakih 5 dni. Podoben princip delovanja ima tudi satelit Landsat 8, z globalno pokritostjo snemanja v ciklu 16-ih dni, vendar v primerjavi s Sentinelom trikrat slabšo prostorsko ločljivostjo. V novembru 2016 bil izstreljen komercialni satelit WorldView-4, ki je pripomogel k zgotitvi posnetkov Zemlje zelo visoke ločljivosti.

Za samodejno vzdrževanje tematskih ali topografskih zbir, so kot izvorni podatki primerni podatki, ki se zbirajo sistematično in ciklično. Zaradi visoke pogostosti, velike prostorske pokritosti in ponovljivosti opazovanj ter širokega nabora ponudnikov in vrst satelitskih podatkov, so podatki satelitskih sistemov

relevanten vir za obnavljanje in vzdrževanje podatkov v topografskih in tematskih bazah različnih meril.

Prednosti satelitskih posnetkov

Pomembna lastnost satelitskih snemanj je njihova ponovljivost in razmeroma veliko območje pokrivanja. Omogočajo tako razpoznavanje objektov, kot zaznavanje sprememb v domala poljubnih časovnih intervalih. Prednost visokoločljivih satelitskih posnetkov pred izdelki letalskih posnetkov je v boljši spektralni, časovni in radiometrični ločljivosti. Večja spektralna ločljivost omogoča boljše razpoznavanje sorodnih si objektov (npr. razlikovanje med vrstami listavcev v listnatem gozdu). Večja pogostost opazovanja lahko omogoča sprotno spremljanje razvoja in stanja objektov, npr. napredovanja infrastrukturnega objekta ali natančno razpoznavanje, določanje stanja in spremljanje razvoja posamezne parcele, na primeru njive: gibanje rastnega indeksa poljščine).

Slabosti satelitskih posnetkov

Slabost satelitskih posnetkov je nezmožnost vpogleda v natančna položajna razmerja »na tleh« v heterogenih okoljih zaradi geometrije opazovanja. Višji objekti lahko povzročajo prekritosti opazovanih nižjih objektov (npr. prekinitve poteka gozdne ceste ali meje parcele zaradi drevesnih krošenj in podobno). V takšnih primerih je smiselno kombinirati različne metode snemanja površja (lidarsko snemanje, letalsko snemanje) in podatke združevati. Prav tako so satelitski optični posnetki odvisni od vremena. Uporabne in kakovostne informacije pridobimo predvsem z obdelavo brezoblačnih posnetkov.

Možnosti uporabe satelitskih posnetkov

Poseben vidik satelitskega snemanja površja je tudi, da lahko informacije o spremembah v okolju pridobivamo v različnih merilih. Z visoko ločljivimi sistemi lahko spremembe vrednotimo in karakteriziramo na ravni kartiranja topografskih objektov. Za vse nivoje zbir v merilih 1:5000, 1 : 25.000 in 1 : 50.000 so primerni vsi satelitski posnetki omenjeni v Tabela 8.

Posnetki polmetrske ali metrske ločljivosti satelitov (npr. WorldView-2/3, Pléiades, GeoEye) so uporabni za kartiranje mest in drugih območij tudi do merila 1 : 5000, medtem ko bi podobe metrske natančnosti, npr. satelitov SPOT6 in SPOT7 zmožle izpolniti zahteve za potrebe kartiranja merila 1:25.000, za kar sta bila omenjena satelita tudi zasnovana. Visoke zmogljivosti uporabe takšnih posnetkov površja Zemlje so primerne za odkrivanje sprememb in za potrebe pregledovanja obstoječih podatkov na karti. Za manjša merila topografskih zbir (v primeru nekaterih objektnih tipov tudi za iskanje sprememb v DTK 5, npr. ceste in vegetacija) so primerni posnetki satelita Sentinel-2. Srednje ločljivi sistemi, kot npr. Landsat 8, pa se lahko uporabijo za identifikacijo večjih sprememb v prostoru.

2.3.2 Radarski satelitski posnetki

Senzorji, ki delujejo v mikrovalovnem delu elektromagnetnega spektra, postajajo v zadnjem času vse pomembnejši vir podatkov o okolju. Način snemanja je v mikrovalovnem območju povsem drugačen kot v optičnem. Daljše valovne dolžine lahko prodirajo skozi oblake, meglice, prah in dež, saj nanje ne vpliva atmosfersko sipanje, ki je izrazito v optičnem delu spektra. Z radarjem lahko torej opazujemo ne glede na vremenske in druge razmere.

Radar (*ang. radio detection and ranging*) meri jakost mikrovalovnega signala, ki ga izseva antena in odbijajo oddaljene površine oziroma predmeti na njih. Radarska antena v določenih časovnih presledkih oddaja in sprejema impulze, ki imajo značilno valovno dolžino in polarizacijo. Valovne dolžine so ponavadi v območju med 1 cm in 1 m, kar ustreza frekvenci med 300 MHz in 30 GHz, valovi pa so polarizirani v navpični ali vodoravni ravnini. Značilni radar odda proti tarči oziroma območju, ki ga snema, vsako sekundo kakih tisoč visokoenergijskih impulzov, trajajočih nekaj deset mikrosekund (do 50 μ s). Vsak izmed njih pokrije ozek pas frekvenc (ponavadi od 10 do 200 MHz) okrog sredinske frekvence radarja.

Danes obstaja več radarskih senzorjev, ki delujejo na različnih frekvencah in prispevajo k napredku v različnih disciplinah. S tehnologijo SAR (*ang. Synthetic Apertur Radar*) se ustvari največje število posnetkov, saj je zaradi velike oddaljenosti to edini možen način pri snemanju iz vesolja. Poleg njih se hitro uvajajo napredni načini z namenom, da se poveča število informacijskih kanalov. Med njimi je Interferometric SAR (InSAR) postal zelo priljubljen zaradi svoje sposobnosti, da neposredno priključuje ključni fizični parameter - relativno višino raztresenosti.

Najnovejše generacije radarskih satelitov so opremljene z visoko ločljivimi senzorji (Sentinel-1, RADARSAT-2, TerraSAR-X in COSMO-SkyMed). Ločljivost do nekaj metrov te posnetke že približuje optičnim, vendar ostaja bistvena razlika na stopnji vsebine zajema in zahtevnosti interpretacije podob.

Prednosti

Prednosti radarskih satelitov sistemov je njihova neobčutljivost na vremenske pojave in možnost snemanja ponoči. Radarski posnetki omogočajo razmeroma enostavno identifikacijo majhnega spreminjanja višin. Zaradi popolnega odboja radarskih žarkov od gladkih površin na Zemlji, kar se kaže v temnih lisah na posnetku, zelo preprosto zaznavamo vodna telesa, gola zemljišča, ceste, železnice, itd. Industrijska območja, heterogena urbana površja in celo vasi imajo prav tako na radarskih posnetkih specifičen odboj, kar se kaže v očitnih svetlih območjih na posnetku.

Slabosti

Slabosti radarskih sistemov so predvsem slabša prostorska ločljivost ter zapletenost geometrijskih popravkov zaradi premikov vrhov in prekritij v smeri snemanja. Pri obdelavi radarskih posnetkov veliko težavo predstavljajo mešani slikovni elementi, ki lahko vplivajo na nepravilno razlago posnetkov z vidika rabe tal, kar pa je resna težava predvsem v gorskih in hribovitih območjih.

Možnost uporabe:

Izdelava in vzdrževanje topografskih baz se redkeje izvajata na podlagi radarskih virov, vendar lastnosti najnovejših visokoločljivih radarskih stereo in tandemskih posnetkov (npr. TerraSAR-X StripMap Data Pair) to paradigmo že presega. Infoterra je razvila postopek izdelave digitalnega modela površja in terena za merila 1 : 25.000 in 1 : 50.000, ki dosega natančnost v položaju in višini do 5 m. Prav tako je uporaba brezplačnih produktov satelita Sentinel-1 za pridobivanje podatkov o višinah na širšem območju aktualen in priporočljiv postopek za vzdrževanje topografskih zbirk srednjega merila. Radarski posnetki so nepogrešljiv vir pri opazovanju nesreč povezanih z vodo, več uspešnih aplikacij pa je tudi v opazovanju in spremljanju stanja rastlinstva (predvsem gozdov, travinja) v povezavi z vlažnostnimi razmerami v tleh ali rastlinju.

2.3.3 Lasersko skeniranje (lidar)

Zračno lasersko skeniranje, imenovano tudi LIDAR (Light Detection and Ranging), je metoda daljinskega zaznavanja, ki se zelo uveljavila za zajem zelo natančnih podatkov o površju in tleh. Uporablja aktivni senzor ki oddaja signal v samo eni valovni dolžini, za topografsko skeniranje sta ponavadi na razpolago le dve: 1550 nm in 1064 nm. Zračno lasersko skeniranje se lahko uporablja kot samostojna tehnika zajema podatkov, v kombinaciji s klasičnim fotogrametričnim aerofotografiranjem (multispektralno snemanje) ali v kombinaciji z ostalimi tehnikami daljinskega zaznavanja (npr. hiperspektralno snemanje).

Glavna prednost laserskega skeniranja pred drugimi snemalnimi tehnikami je, da omogoča direktno izmero oddaljenosti med oddajnikom laserskega žarka in detajlom na fizičnem površju Zemlje od katerega se laserski žarek odbije. Razdalja med oddajnikom ter detajlom na površju/tleh je izmerjena s pomočjo časa, ki ga laserski žarek porabi za pot od oddajnika do detajla na tleh in nazaj. Ker ima laserski žarek nezanemarljiv premer, se del laserskega žarka odbije od različnih objektov, ki se nahajajo na poti laserskega žarka med oddajnikom in površjem, od koder se odbije še preostali del laserskega žarka. Dobimo več laserskih odbojev oziroma tako imenovanih lidarskih točk, ki omogočajo natančno položajno in višinsko opredelitev ter 3-razsežne rekonstrukcije objektov na površju. Posebna prednost laserskih podatkov pa je razslojevanje na informacije glede na vrsto odboja, saj lahko tako

ločimo stanje na površju (model površja) ter stanje na tleh (model reliefa). S tem lasersko skeniranje poleg različnih klasifikacij objektov omogoča tudi analize razporejenosti vegetacije po višinah, kar veliko pove o vegetacijskem tipu oz. habitatnem tipu ter prirastku vegetacije, če primerjamo več setov laserskih podatkov istega območja. Po drugi strani pa lahko tudi neposredno izmerimo višino različnih topografskih (hrabi, brežine vodnih teles), antropogenih (stavbe, ceste) in naravnih objektov (drevesa, travinje, poljščine) oziroma ugotavljamo njihove spremembe.

Generalno lahko laserske izdelke delimo glede na gostoto vseh odbojev laserskih točk: majhno gostoto do 5 točk/m², ki jo uporabljamo za regijska ali državna snemanja, srednjo gostoto od 5 do 10 točk/m², iz katerih izdelamo podrobne digitalne modele reliefa (DMR) za npr. poplavne študije, in gostote večje od 10 točk/m², ki omogočajo izdelavo podrobnih 3D-modelov mest, arheološke študije, izdelavo kart velikih meril, npr. 1 : 5000.

Prednosti laserskega skeniranja

Lasersko skeniranje ponuja veliko informacij za različne aplikacije in omogoča številne prednosti v primerjavi s tradicionalnimi metodami za slikanje iz zraka. Lasersko skeniranje je vedno bolj priljubljeno v aplikacijah kot npr. določevanje gozdnega inventarja, kartiranje poplav, hidrologija, geomorfologija, urbanistično planiranje, krajinska ekologija, inženiring obale in za potrebe volumetričnih izračunov. V arheologijo in proučevanje preteklih pokrajin pa so ti podatki prinesli občuten napredek, z lažjo dostopnostjo informacij o antropogenih strukturah pod vegetacijskim pokrovom.

Ključne prednosti laserskega skeniranja so:

- S pomočjo laserske izmere zberemo podatke o višinah objektov na zemeljski površini, podatki pa se izmerijo relativno hitro in z veliko natančnostjo.
- Lasersko skeniranje da kot rezultat gost oblak točk, kar lahko nemalokrat izboljša rezultate interpretacije.
- Lidar uporablja aktivni senzor in lahko zbira podatke tako podnevi kot ponoči.
- Podatke laserskega skeniranja lahko dokaj preprosto povezujemo z drugimi viri podatkov saj so že georeferencirani.

Slabosti laserskega skeniranja

Pri opazovanju gosto poraščene vegetacije lasersko skeniranje ne more vedno prodreti do tal, kar pomeni, da lahko dobimo napačno višino tal pod krošnjami, precej višjo od dejanske nadmorske višine. Geometrične napake se večajo z višino, prav tako se lasersko skeniranje srečuje z napakami absolutnega pozicioniranja z GNSS.

Možnost uporabe

Lasersko skeniranje, kot vir izvornih podatkov, zagotavlja podatke o reliefu oz. omogoča izdelavo digitalnega modela reliefa (DMR), digitalnega modela površja (DMP) ter prek kombinacije s aerofotografijami omogoča tudi izdelavo pravega ortofota (*ang. true orthophoto*) kjer stavbe in gozdni rob niso zvrnjeni. Lasersko skeniranje omogoča tudi izdelavo rastrske slike normalizirane intenzitete odboja, ki jo lahko uporabljamo za proučevanje lastnosti objektov.

Če se lasersko skeniranje izvaja v časovnih vrstah (večkratna snemanja) omogoča tudi samodejno proučevanje sprememb v prostoru: prepoznavanje novogradenj in rušitev, prepoznavanje posek v gozdovih, obremenitev obdelovalnih zemljišč z začasnim/trajnim gradbenim ali drugim materialom, proučevanje nasipavanja materiala ob vodah in plazovitosti.

Na podlagi intenzitete odboja laserskih žarkov bi lahko izdelali sivo sliko intenzitete. Ta ne vsebuje toliko podatkov kot aerofotografija saj prikazuje odboje samo od ene valovne dolžine, vendar je na njej mogoče dosti bolje prepoznati določene geometrične oblike (ceste, hiše, železnico). Na podlagi sive slike je mogoče opazovati in vzdrževati samo določene objekte, torej je potrebno zagotoviti še druge izvorne podatke, npr. satelitske posnetke ali aerofotografije.

Pri izvajanju laserskega skeniranja v koridorju (ceste, železnice, daljnovodi) je sočasni zajem oblaka laserskih točk in aerofotografiranje vsakodnevna praksa, medtem ko pri sistemskem zajemu podatkov za celotno državo to ni. Razlog je v velikosti senzorja za aerofotografiranje, ki se uporablja za koridorsko snemanje in državno snemanje. V prvem primeru lahko uporabimo fotoaparāt srednjega formata, v drugem pa moramo uporabiti fotoaparāt velikega formata, ki je za enkrat še popolnoma ločen sistem. Fotoaparati velikega formata lahko letijo na veliko višjih višinah kot laserski skener, zato njuno hkratno snemanje večinoma ni izvedljivo. V prihodnosti se bo kombinacija laserskega skeniranja in aerofotografiranja vse bolj uveljavljala tudi pri sistemskem pokrivanju večjih površin, saj bodo sistemi zmogljivejši. Vsekakor pa so podatki iz te kombinacije senzorjev bolj uporabni pri vzdrževanju obstoječih topografskih in tematskih zbirk kot posamezni izvorni podatki, vendar tudi dražji.

2.3.4 Ciklično aerofotografiranje Slovenije

Sodobno aerofotografiranje se izvaja z digitalnimi zračnimi fotogrametričnimi snemalnimi sistemi, ki so v primerjavi z analognimi letalskimi fotoaparati precej bolj kompleksni po zgradbi in delovanju. Osnovne komponente takšnega snemalnega sistema so: digitalni fotoaparāt, pomnilniška enota, računalniška enota, kontrolna enota in zaslon. Poleg tega pa sistem za zajem podob običajno vključuje še dodatne enote za določanje položaja (GNSS) in zasukov (inercialni navigacijski sistem – INS).

Digitalni fotoaparati podobe beležijo na digitalne slikovne senzorje, ki so po obliki ploskovni ali vrstični. Posamezen ploskovni slikovni senzor ne doseže formata analognega letalskega posnetka (23 cm x 23 cm), zato so digitalni fotoaparati, ki delujejo v tem načinu, sestavljeni iz več slikovnih senzorjev in optičnih sistemov. Končna digitalna podoba v centralni projekciji, ki se uporablja v nadaljnjih postopkih zajemanja podatkov, se tako ustvari z združevanjem podob iz posamičnih slikovnih senzorjev.

Letalski digitalni fotoaparati, ki uporabljajo vrstične senzorje, podobo ustvarijo po principu vzdolžnega skeniranja tako, da se beležijo posamezne vrstice v smeri potovanja platforme. Podoba ima zato obliko dolgega pasu, ki se naknadno geometrično popravi in razdeli v posamične podobe. Vzdolžno skeniranje se istočasno izvaja v treh različnih »pogledih«: navpično navzdol, naprej in nazaj. Takšna geometrija snemanja omogoča izdelavo stereoparov.

Za zajem podatkov iz digitalnih letalskih podob so pomembni podatki o prostorski, radiometrični in spektralni ločljivosti podob. Z letalskimi sistemi je možno zajeti podobe s prostorsko ločljivostjo nekaj cm, radiometrična ločljivost sistemov zajema je od 8 do 12 bitov, uporabljajo se spektralni kanali: pankromatski, moder, zelen, rdeč in bližnji infrardeč.

Aerofotografije (izdelek CAS) so na razpolago v 4 kanalih in sicer: rdeč, zelen, moder in infrardeč, ki jih je mogoče kombinirati v barvne aerofotografije (RGB) in v barvne infrardeče aerofotografije (BIR). Način njihovega zapis se je s časom spreminjal od skupnega zapisa vseh štirih kanalov (R, G, B, IR) do zapisa posameznih kanalov. Vsaka aerofotografija, ki je v zbirki pa ima tudi parametre zunanje orientacije, kar pomeni, da je mogoče izdelati orientirane posnetke in jih uporabiti za stereozajem. Vse aerofotografije so na razpolago v formatu TIFF. Orientirani posnetki omogočajo pridobivanje metričnih in semantičnih podatkov iz obravnavanega okolja ter izdelavo različnih fotogrametričnih izdelkov kot so merjenje prostorskih koordinat, izdelavo digitalnih modelov višin (DMV), izdelavo ortofotov in interpretacijo stanja površja ter 3D zajem objektov.

Digitalni model površja kot izdelek iz podatkov CAS z uporabo slikovnega ujemanja je na voljo od leta 2016. Podatki so na voljo v formatu LAS.

Prednosti

CAS v merilu 1 : 17.500 v Sloveniji izvajamo redno od leta 1975. Cikel aerofotografiranja se izvaja v obdobju dveh do pet let za celotno ozemlje Slovenije, kar pomeni kontinuirano zagotavljanje izvornih podatkov kot tudi možnost tvorjenja časovnih vrst.. Posnetki CAS so georeferirani v državni koordinatni sistem s planimetrično natančnostjo 30 cm in višinsko natančnostjo 40 cm. Položajna kakovost vseh izdelkov se z leti povečuje, kar je razvidno iz poročil o točnosti ortofota in višinski točnosti DMR za različna obdobja CAS.

Prostorska ločljivost je v primerjavi s satelitskimi posnetki boljša in se lahko zajamejo z zelo veliko prostorsko ločljivostjo (nekaj cm). Prostorska ločljivost se lahko v prihodnosti prilagodi zahtevam po manjšem DTI za mesta z okolico oz. za lokacije z bolj intenzivnimi spremembami in večjem za hribovita in gozdnata območja. Istočasno z izvedbo aerofotografiranja je mogoče na nosilec dodati tudi npr. laserski skener ali senzorje, ki omogočajo zajem v drugih spektralnih pasovih.

Z izboljševanjem tehnologij, kot je npr. večanje velikosti senzorjev, izboljševanje kakovosti položajne točnosti s pomočjo GNSS in INS sistemov, izboljševanje algoritmov obdelavo podatkov GNSS/INS, se skrajšuje čas zajema podatkov kar povečuje homogenost radiometričnih lastnosti aerofotografij. S povečanjem radiometrične ločljivosti je mogoče uporabiti avtomatske načine zaznavanja objektov in njihovih lastnosti za potrebe izboljšane fotointerpretacije.

Državni ortofoti, najbolj priljubljeni izdelki CAS, so danes uveljavljen in izjemno pomemben vir prostorskih podatkov visoke natančnosti za zadnjih 40 let. Ortofoti se uporabljajo dnevno na mnogih področjih in so postali skoraj nenadomestljivi v mnogih aplikacijah. V tem obdobju so ključna področja dosegla visok nivo uporabe teh podatkov ter operacionalizacije za sektorske potrebe (npr. gozdarstvo, kmetijstvo).

Cena zajema podatkov in izdelava vseh omenjenih izdelkov je v primerjavi s primerljivimi satelitskimi posnetki še vedno veliko manjša.

Kakovost izdelave DMP iz aerofotografij z uporabo slikovnega ujemanja se izboljšuje. Ob še večjem preklopu med aerofotografijami se bo kakovost še izboljšala. S povečanjem višinske točnosti in gostote izračunanega DMP se odpira možnost izdelave pravega ortofota, kar s podatki iz satelitskih posnetkov ni mogoče zagotoviti. Vendar je izračun na podlagi slikovnega ujemanja procesorsko in časovno zelo zahteven.

Slabosti

- Do leta 2005 so bile letalske fotografije posnete z analognim fotogrametričnim aerofotoaparatom v črnobeli ali barvni tehniki. Od leta 2006 se CAS izvaja z digitalnim fotogrametričnim snemalnim sistemom, posnetki pa imajo prostorsko ločljivost med 0,25 m in 0,5 m. Z digitalnim fotoaparatom se snemanje izvaja tudi v bližnjem infrardečem delu spektra. Slabost ortofotov je v tem, da so aerofotografije prevzorčene v barvni prostor RGB z radiometrično ločljivostjo 24 bitov (po 8 bitov za rdeči, zeleni in modri sloj), žal ne vselej po enakem postopku. Izvorni podatki za pretekla snemanja niso razpoložljivi. Slednje povzroča številne težave za postopke radiometričnega usklajevanja ter onemogoča vpeljavo avtomatskih postopkov, ki temeljijo na spektralnih analizah. Za samodejne postopke primerjave posnetkov so takšni posnetki neuporabni. Radiometrična nehomogenost in neusklajenost med cikli snemanj lahko privede do nekompatibilnosti podatkov, ko se ti medsebojno primerjajo in onemogočajo poenotene rutine obdelave. Za snemanja CAS 2012-2015 in naprej veljajo standardizirane tehnične specifikacije za snemanja, kar obeta nove priložnosti za sistematično pridobivanje relevantnih in visoko natančnih podatkov iz tega vira.
- Slabosti ortofotov sta tudi snemanje v le štirih spektralnih pasovih (R, G, B in IR), kar ne omogoča podrobnejšega razlikovanja med objekti in

- nagnjenost objektov na posnetku zaradi uporabe digitalnega modela reliefa, kar pa bi bilo mogoče izboljšati z izdelavo pravega ortofota.

Možnost uporabe

Podatki letalskega snemanja so uporabni tako za zajem kot za zaznavanje sprememb in vzdrževanje podatkov v topografskih in tematskih zbirkah visoke natančnosti. Na njih lahko interpretiramo in natančno zajamemo večino topografskih objektov, razen tistih, ki so pod vegetacijo (stavbe pod drevesi, gozdne ceste, vodni izviri ipd.) in prepoznamo/spremljamo veliko lastnosti objektov (stanje procesov v gozdovih, stanje na kmetijskih površinah). Digitalni zapis podatkov omogoča uporabo avtomatskih in polavtomatskih metod za zajem objektov, zaznavanje sprememb in vzdrževanje obstoječih zbirk. Zaradi relativno nizke višine snemanja (do nekaj km) imajo letalski posnetki dobre radiometrične lastnosti in niso v tolikšni meri obremenjeni s šumom in atmosferskimi vplivi kot satelitski optični posnetki. Dodatna izboljšava posnetkov po geometrični registraciji zato v glavnem ni potrebna, razen v primeru primerjalnih študij. Podatki CAS za pretekla obdobja (pred CAS 2012-2015) so radiometrično tako različni, da je uporaba avtomatskih postopkov, ki temeljijo na spektralnih analizah, onemogočena. Za snemanja CAS 2012-2015 in nadaljnja je uveljavljena zahteva za tehnično primerljiva snemanja in s tem radiometrično primerljive podatke, vključno z razširitvijo spektralnega prostora (vidni in infrardeči spekter) in območja prekrivanja posnetkov. To je že prineslo bolj kakovostne izvirne in izvedene podatke, in bo omogočilo tudi vpeljavo avtomatskih metod za poizvedovanje, razpoznavanje in primerjave oziroma za najrazličnejše prostorske analize.

Vzdrževanje podatkov ne sme poslabšati kakovosti podatkov v zbirki. Ker avtomatski postopki še vedno vsebujejo določeno stopnjo napak, se za praktično uporabo še vedno razvijajo številni polavtomatski postopki, v katere je operater s svojimi odločitvami vključen od samega začetka oziroma naknadno ovrednoti in ročno uredi rezultate samodejnih postopkov.

2.3.5 Program Copernicus in storitev CSCDA

Copernicus je evropski program za globalno opazovanje okolja. Je do danes najbolj ambiciozen program za opazovanje Zemlje, pri tem namreč sodelujejo Evropska vesoljska agencija (ESA), Evropska organizacija za uporabo meteoroloških satelitov (EUMETSAT) in Evropska okoljska agencija (EEA). Na podlagi skupnih ugotovljenih zahtev uporabnikov EU po podatkovnem skladišču, ki jih je izdala Evropska komisija, je ESA zadolžena za pridobitev podatkov za opazovanje Zemlje in za objavo dobljenih podatkov preko delovnega področja *dostop podatkov* (Data Access Portfolio, DAP). Poleg tega, da opredeljuje nabor podatkov, ki so na voljo uporabnikom programa Copernicus, določa tudi pogoje (npr. licenciranje podatkov, vrste razpoložljivih izdelkov, časovne roki zagotavljanja in dostave podatkov, mehanizme za dostop do podatkov), v skladu s katerimi so podatki na voljo.

Enotna vstopna točka do ponujenih podatkovnih zbirk in storitev se izvaja preko t.i. Sistema usklajenega dostopa do podatkov (Coordinated Data Access System, CDS). Projekt CSC-Data Access (CSCDA, <https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/about>) je sofinanciran s strani Evropske unije in Evropske vesoljske agencije kot sestavni del vesoljskega komponente programa GMES/Copernicus. Projekt je prejel sredstva iz 7. OP Evropske skupnosti 2007-2013 in okvirnega programa večletnega financiranja (Multiannual Financial Framework Programme, MFF).

Storitev satelitskega zajema podatkov se torej nanaša na vse države Evropske Unije skupaj z otoki in čezmorskimi departmaji Francije in zagotavlja podatke za storitve CORE Datasets, Copernicus EMS, Copernicus Security Services, Copernicus Land Monitoring Service, Union Research Projects – Space Copernicus Masters in Archive. V okviru storitve podatkovne zbirke CORE (CORE datasets) se zagotavljajo podatki, ki so zajeti sistematično ali postopno, v skladu s specifikacijami nabora podatkov, opredeljenih v DAP (npr. da se snemanja opravijo v času, ko so rastline fenološko aktivne, določi se dopustno pokritost z oblaki, območja podrobne/posebne obravnave ipd.), zlasti pa pravočasnosti dostave (npr. največ dni po zajemu, sledi še obdelava). To v praksi pomeni, da so npr. brezoblačni VHR podatki (za primer Slovenije so to posnetki Pléiades) za pokritje celotne posamezne države zagotovljeni znotraj ene faze teka storitve, na primer predvideni enkrat v največ treh letih (2014, 2015

ali 2016), znotraj rastne sezone. Če v teh treh letih ni mogoče zagotoviti pokritja (zaradi slabih vremenskih razmer ali drugih dejavnikov), se snemanja izvajajo še v letu 2017 itn. Ponovno pokritje države pa se lahko izvede spet v naslednji fazi teka storitve, če so takšne tudi specifikacije DAP Core datasets, torej zahteve uporabnikov, ki jih upravlja in usklajuje Evropska komisija, v sodelovanju z ESA.

V okviru Copernicus Space Component Data Access Portfolio: Data Warehouse 2014-2020 je danes vsem državam članicam Evropske Unije omogočen dostop do številnih satelitskih podatkov in/ali njihovih izvedenih slojev in produktov (npr. tematskih slojev, velikopovršinskih kompozitov, HR, VHR, MR in LR podatkov). ZRC SAZU je iz tega vira pridobil razpoložljive HR in VHR posnetke za celotno državo in sicer iz prve faze izvedbe (Copernicus CSC DAP 2011-2014) posnetke SPOT-5, IRS-P6, RapidEye in iz druge faze izvedbe (Copernicus GSC DAP 2014-2020) posnetke SPOT5, IRS-P7, Pléiades.

Prednosti

Prednosti podatkov iz programa Copernicus so velikopovršinsko pokritje ozemlja Slovenije z istim in več viri (senzorjev) podatkov, v vseh prostorskih ločljivostih (VHR, HR, MR, LR) in v istih ali različnih obdobjih. Predvidena je možnost dolgoročnega cikličnega zajema, na 3 do 5 let. Podatki so na razpolago z različnimi stopnjami obdelave in so (tudi bodo) brezplačni za vse uporabnike iz EU.

Slabosti

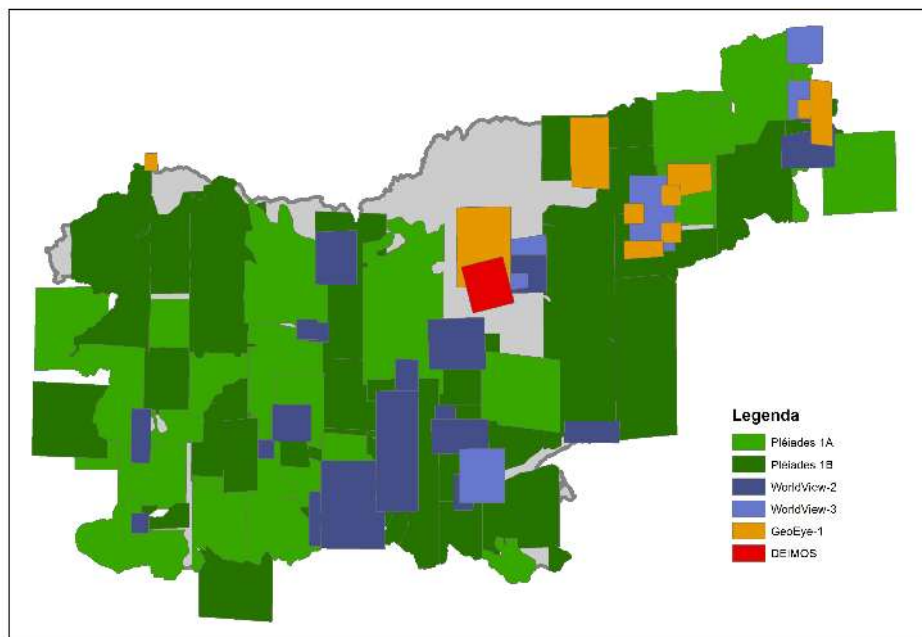
Na razpolago so podatki, v obsegu in vrsti, kot so prepoznane skupne uporabniške potrebe in na katere lahko odgovori Evropski vesoljski program, vesoljska komponenta programa Copernicus, skupaj s partnerji. Skupne uporabniške potrebe so za vsako fazo opredeljene v dokumentih DAP (specifikacije). Izjemoma se dopušča dodatna namenska snemanja (sprožitev plana snemanja izven specifikacij), v splošnem pa uporabniki nimajo vpliva na časovno-prostorsko razporeditev snemanj posnetkov.

Možnosti uporabe

Zelo visoko ločljivi posnetki kot so Pléiades z napredno obdelavo ostrenja (na ločljivost pankromatskega kanala, 0.5 m) dosežejejo prostorske in spektralne lastnosti podatkov državnega ortofota v IR-kanalu. Zato lahko dopolnjujejo ali nadomestijo informacije, ki jih sicer Slovenija pridobiva iz podatkov državnega ortofota. Posnetki visoke, srednje in nizke ločljivosti so uporabni za številne analize stanja okolja in procesa sprememb na lokalni, regionalni ali državni ravni.

Naročanje arhivskih satelitskih posnetkov Pléiades

EU skupaj z ESA omogočata brezplačen dostop do podatkovne zbirke DAP CORE VHR podatkov (satelita Pléiades in drugih) za upravne organe, fizične ali javne osebe, ki opravljajo javne funkcije ter akademske in raziskovalne institucije. DAP CORE zbirka (stanje v začetku leta 2018) ponuja podatke za približno 85 % območja Slovenije, od katerih je približno 3/4 podatkov satelita Pléiades (slika). Podatki za ostala območja ali izven DAP časovnega paketa so na voljo v podatkovni zbirki ESA Third Party Missions ali neposredno od ponudnika Airbus, podatki pa so brezplačni le za raziskovalne namene. Za komercialne namene nova snemanja kupimo po ceniku podanem v poglavju 2.3.1, v Tabela 9 na strani 40.

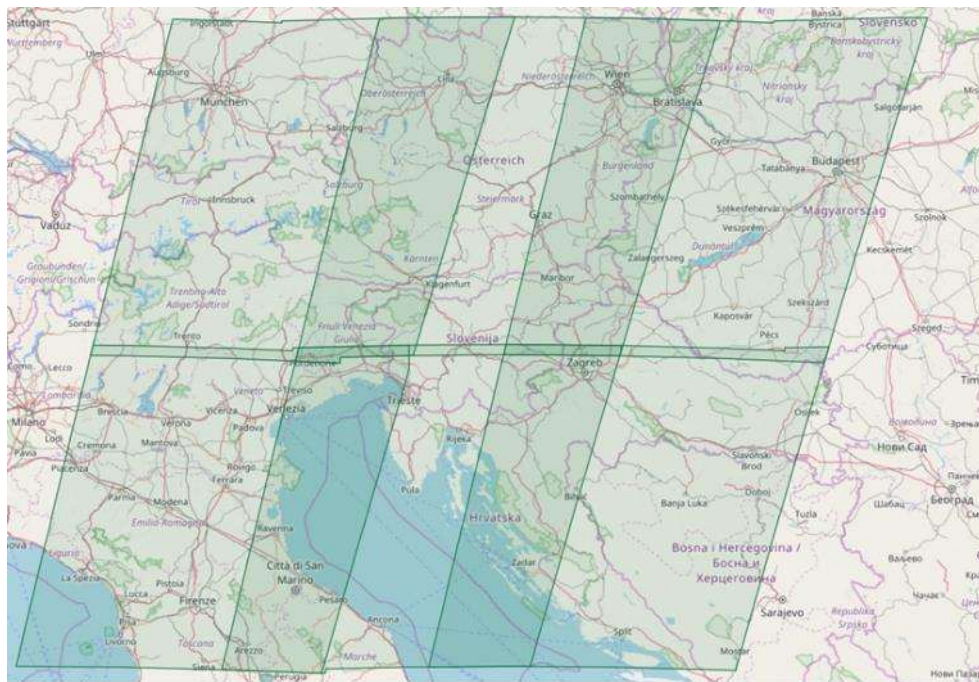


Slika 12: Pokritost Slovenije z zelo visoko ločljivimi satelitskimi posnetki iz programa Copernicus ter storitve DAP CORE (stanje marec 2018).

2.3.6 Pregled razpoložljivosti podatkov Sentinel-2 za območje Slovenije

V okviru programa Copernicus (EC, ESA) so brez omejitev in pogojev uporabe na voljo vsem uporabnikom tudi (prosto dostopni) optični satelitski posnetki Sentinel-2. Trenutno delujeta dva satelita v paru Sentinel-2A (23.6.2015) in Sentinel-2B (7.3.2017), ki skupaj na 10 oziroma 5 dni zagotavljata posnetek površja Slovenije, in sicer v 13 spektralnih kanalih ter 10/20/60 m prostorski ločljivosti. Posnetki so zajeti v fiksnih orbitah, v pasu širine 290 km, produkte Sentinel-2 pa prevzamemo v fiksnih razrezih posnetkov na granule (100 x 100 km).

Satelita Slovenijo izmenično snemata iz treh orbit širine 290 km, iz vsake orbite snemata enako pogostokrat, ker pa se orbite delno prekrivajo, imamo za Z ter V in SV Slovenijo 2x toliko posnetkov kot za osrednji del. Dodatna omejitev je kriterij brezoblačnosti. Analiza arhiva Sentinel-2 podatkov na ZRC SAZU je pokazala, da je delež brezoblačnih posnetkov povprečno okoli 10 %, delež posnetkov z do 20 % oblačnostjo pa v povprečju okoli 30%, do razlik v odstotkih seveda prihaja tudi med različnimi geografskimi območji. Z drugimi besedami to pomeni, da je število uporabnih podatkov precej nižje od s snemanjem zajetih in razpoložljivih podatkov. Kljub temu, časovne vrste podatkov Sentinel-2 ponujajo povsem nove možnosti za uporabo in nove možnosti za proučevanje pojavov na površju Zemlje, saj lahko ponujajo nekaj deset uporabnih časovnih presekov znotraj ene rastne sezone.



orbital 022
("zahodna")

orbital 122
("osrednja")

orbital 079
("vzhodna")

Slika 13: Shema snemanja območja Slovenije s sateliti Sentinel-2 ter prikaz območij prekrivanja.

2.4 Zaključki

Osnutek zahtev za načrtovanje samodejnega postopka identifikacije sprememb

V okviru analize podatkov dejanske rabe in postopkov vzdrževanja smo identificirali največje in najbolj pogoste spremembe rabe na kmetijskih zemljiščih. Na podlagi analize podatkov dejanske rabe (ažurno stanje in stanje 2013) na območju vzhodne Slovenije smo ugotovili, da so največje spremembe na kmetijskih zemljiščih posledica zaraščanja in drugi razlogi, katerih posledica je začasno neobdelano kmetijsko zemljišče. Statistika sprememb vrst rabe v vzhodni Sloveniji kaže največji prirast vrste rabe (po površini) kmetijska zemljišča v zaraščanju (160 %) in neobdelana kmetijska zemljišča (83 %). Najbolj pogoste spremembe rabe na kmetijskih zemljiščih smo identificirali na podlagi izkušenj izvajalcev postopka vzdrževanja podatkov. Največ sprememb na kmetijskih zemljiščih je posledica:

- zaraščanja trajnih travnikov,
- skladišča in odlagališča na kmetijskih zemljiščih,
- širjenja pozidanih površin na kmetijska zemljišča,
- spremembe gozda,
- krčitve ali obnove vinogradov in sadovnjakov,
- sprememba lokacije njive oziroma trajnega travnika,
- sprememba oblike njive.

Zahteve po minimalni površini sprememb, ki jih je potrebno identificirati v postopku vzdrževanja podatkov dejanske rabe, so zelo visoke. Za razrede, ki se nanašajo na zgoraj izpostavljene spremembe kmetijskih zemljišč, je minimalna površina za zajem spremembe 100 m², za pozidane površine pa celo 25 m². Zajemanje sprememb z navedenimi minimalnimi površinami zahteva zelo natančen vizualni pregled in interpretacijo ortofota ter drugih podatkovnih virov.

Poseben izziv pri fotointerpretaciji predstavlja tudi določitev sprememb kmetijskih zemljišč na podlagi časovne serije ortofotov. Ta se uporablja pri interpretaciji vseh sprememb, ključna pa je za identifikacijo zaraščanja kmetijskih zemljišč in določitve (začasno) neobdelanega kmetijskega zemljišča. V teh primerih operater ročno pregleda zadnje stanje ortofota in vse razpoložljive arhivske ortofote. Tovrstna interpretacija je iz vidika fotointerpretacije izredno zahtevna in zamudna, medtem ko so samodejni postopki interpretacije časovnih vrst lahko bistveno bolj učinkoviti od fotointerpretacije.

Osnutek zahtev glede ločljivosti alternativnih virov podatkov daljinskega zaznavanja

Trenutno se kot vir podatka o dejanskem stanju v naravi uporablja ortofoto, ki izpolnjuje pogoje glede prostorske in spektralne ločljivosti za potrebe fotointerpretacije. Časovna ločljivost ortofotov je načeloma tri leta, vendar smo na podlagi analize snemanj v zadnjih desetih letih ugotovili, da so časovni zamiki med zaporednimi snemanji istih območij od enega do pet let. Seznam časovnih zamikov med zaporednimi snemanji, daljšim od treh let, smo identificirali na naslednjih območjih:

- vzhodna Slovenija in Goriška (4 leta, 2006-2010),
- severna in severozahodna Slovenija ter Ljubljana (5 let, 2006-2011),
- Goriška (4 leta, 2010-2014),
- severna in severozahodna Slovenija (4 leta, 2011-2015).

Ortofoto ima za potrebe uporabe v samodejnih postopkih razpoznave sprememb določene pomanjkljivosti. Za potrebe samodejne identifikacije sprememb vegetacije je nujna uporaba vira z vsaj enim infrardečim kanalom (npr. bližnji infrardeči kanal), za izboljšanje kakovosti rezultatov pa je priporočljiva uporaba vira z večimi kanali v delu spektra od vidne rdeče do infrardeče. Poleg tega je za samodejne postopke, ki temeljijo na spektralnih analizah, nujna uporaba vira, ki je radiometrično usklajen. Podatki CAS so bili do leta 2012 radiometrično neusklajeni, vendar se po uvedbi zahteve za tehnično primerljiva snemanja (CAS 2012-2015), kjer je bila opredeljena tudi radiometrična kakovost, izboljšali. To se kaže v bolj kakovostnih izvornih in izvedenih podatkih, kar bo predvidoma omogočilo tudi uporabo v samodejnih postopkih.

Osnutek pregleda podatkovnih virov in metod vzdrževanja podatkov dejanske rabe v primerljivih evropskih državah

Proučili smo štiri države – Italijo, Avstrijo, Nizozemsko in Estonijo ter iniciativo EAGLE (European Action Group for Land Monitoring in Europe). Pri analizi smo se osredotočili na postopke samodejne klasifikacije in identifikacije sprememb na podlagi podatkov daljinskega zaznavanja. Težnja vseh držav je zmanjšanje ročnega dela operaterja pri obnovi podatkov.

V postopku klasifikacije pokrovnosti in identifikacije sprememb se uporabljajo naslednji podatki daljinskega zaznavanja:

- letalski posnetki, ločljivosti 20 cm (Avstrija),
- satelitski posnetki (RapidEye, Pléiades, Landsat-7, Sentinel-2)
- radarski posnetki (Sentinel-1)
- podatki laserskega skeniranja.

Podrobnost kartiranja pokrovnosti tal in sprememb pa je bistveno višja od zahtevane minimalne površine zajema sprememb kmetijskih zemljišč v dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč (100 m²). Avstrija izdeluje bazo podatkov stopnje podrobnosti merila 1:10.000, preostale države pa bistveno manj, saj temeljijo na podatkovnih virih prostorske ločljivosti 20 m in manj.

Osnutek alternativnih virov optičnih in radarskih satelitskih sistemov ter lidarskih podatkov

Na podlagi analize podatkov smo identificirali razpoložljive alternativne vire podatkov, njihove prednosti in slabosti ter možen način uporabe. Proučili smo naslednje skupine podatkov daljinskega zaznavanja:

- satelitski optični posnetki,
- radarski satelitski posnetki,
- podatki laserskega skeniranja in
- podatki cikličnega aerofotografiranja Slovenije.

Za potrebe identifikacije sprememb na kmetijskih zemljišč v postopku vzdrževanja dejanske rabe ima posamezna skupina alternativnih virov določene prednosti:

- iz vidika prostorske ločljivosti državni ortofoto in satelitski posnetki zelo visoke ločljivosti,
- iz vidika podatkov o višini in obliki zemeljska površja in vegetacije oblak točk laserskega skeniranja,
- iz vidika spektralne ločljivosti, ki omogoča podrobno razpoznavo med različnimi vrstami rabe, satelitski posnetki,
- iz vidika časovne ločljivosti satelitski in radarski posnetki,
- iz vidika cene in dostopnosti podatkov pa ortofoti ter brezplačni satelitski in radarski posnetki.

Kateri bo optimalni vir za uporabo v postopkih obnove podatkov dejanske rabe bodo pokazale analize, ki bodo izvedene v okviru delovnega paketa 3.

Številne raziskave v svetu so pri iskanju optimalnega vira usmerjene tako v uporabo samo letalskih posnetkov kot integracijo podatkov letalskega snemanja z ostalimi podatki daljinskega zaznavanja (lidar, multispektralni in hiperspektralni satelitski posnetki, radarski posnetki). V okviru testiranja, izvedenih v okviru 3. delovnega paketa smo testirali kombinacijo državnega ortofota in lidarskih podatkov, satelitske posnetke Pléiades in serijo satelitskih posnetkov Sentinel-2. Rezultati testiranja so podani v 4. poglavju.

3 IZDELAVA METODOLOGIJE ZA SAMODEJNO IDENTIFIKACIJO SPREMEMB DEJANSKE RABE

3.1 Definicija sloja sprememb in identifikacija lastnosti

Cilj definicije sloja sprememb in identifikacije lastnosti je priprava vhodnih podatkov za načrtovanje metodologije samodejne identifikacije.

Izhodišča za definicijo sloja sprememb so dana z rezultati analize obstoječega stanja podatkov in postopkov (Glej 2.1), to je z zahtevami za načrtovanje samodejnega postopka identifikacije sprememb. Rezultati analize so pokazali, da so največje in najbolj pogoste spremembe rabe na kmetijskih zemljiščih:

- zaraščanje trajnih travnikov,
- sprememba iz travnika v njivo,
- širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča,
- krčitve gozdov,
- krčitve ali obnove vinogradov in sadovnjakov.

Na podlagi proučitve lastnosti posameznih sprememb in pravil za zajem dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč smo pripravili predlog seznama klasifikacijskih razredov s specifikacijo lastnosti posameznega razreda spremembe.

V nadaljevanju so podani rezultati:

- pravila za zajem dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč in
- predlog seznama klasifikacijskih razredov s specifikacijo lastnosti posameznega klasifikacijskega razreda, ki vsebuje definicijo ter časovne, geometrične in spektralne lastnosti razredov sprememb.

3.1.1 Pravila za zajem spremembe vrste rabe

V nadaljevanju je podan povzetek pravil za zajem posameznih vrst rab, ki jih v okviru te naloge obravnavamo kot spremembo (MKGP, 2013).

3.1.1.1 Pozidano in sorodno zemljišče

Pozidano in sorodno zemljišče je površina, na kateri so:

- zgradbe, ceste, ki vodijo do naselij ali hiš, parkirni prostori, rudniki kamnolomi in druga infrastruktura, ki služi za opravljanje človeških dejavnosti,
- nepozidana zemljišča, ki so neločljivo povezana s človekovimi dejavnostmi, odlagališča industrijskih in gospodinjstvih odpadkov, soline in zapuščena nekmetijska zemljišča znotraj pozidanih območij,
- jezovi, nasipi in mostovi,
- zidana gnojišča in drugi kmetijski objekti, ki so večji od 25 m² (čebeljnaki, skednji, lope, zidani silosi),
- zemljišča, na katerih so postavljene sončne elektrarne,
- avtoceste,
- utrjeni kolovozi, širši od 2 m.

Minimalna površina za zajem je 25 m².

V vrsto dejanske rabe »Pozidano in sorodno zemljišče« ne uvrščamo:

- začasnih travnatih igrišč, ki niso ograjena, brez vidnih oznak in se jih primarno uporablja za kmetijske namene, npr. košnjo trave,

- površin na kmetijskih zemljiščih, ki se uporabljajo za začasno skladiščenje različnega materiala, (drva, les, stroji, kupi zemlje, gnoja, gradbeni material, kmetijska mehanizacija itd.) ali premikanje kmetijske mehanizacije (pogosto okrog kmetijskih objektov) in so zaradi tega npr. poteptana in začasno neporaščena s travinjem in se kot taka za kmetijsko proizvodnjo začasno ne uporabljajo,
- površin, namenjenih vrtničkarstvu, razen vrtnih lop, večjih od 25 m²,
- enojnih kozolcev,
- poti znotraj trajnih nasadov, ki so namenjene izključno obdelavi trajnega nasada,
- nasutij ali izkopov na kmetijskih zemljiščih (kupi gramoza, glinokop, izkope peska, itd.),
- različnih nasutij materiala (npr. ob novogradnjah, nasuta parkirišča), kjer je iz arhivskih posnetkov razvidno, da so bila to predhodno kmetijska zemljišča,
- električnih drogov znotraj gozda.

V vrsto dejanske rabe »Pozidano in sorodno zemljišče« uvrščamo tudi zelene površine, ki jih **v okviru tega projekta ne bomo obravnavali**. To so:

- parki, drevoredi, vrtovi,
- rekreacijske in zelene površine, ki so urejene v skladu s predpisi (zelenice, igrišča za golf, nogometna igrišča, hipodromi, itd.),
- proge poletnih sankališč s pripadajočim zemljiščem po vidnih mejah uporabe,
- površine letališč znotraj ograje, pri športnih letališčih pa vzletno pristajalne steze in objekte,
- kuhinjske vrtove,
- funkcionalna zemljišča zgradb (npr. »zelenice«, vrtovi hiš, dvorišča ipd.), ki so urejena v skladu s predpisi, se razmeji po vidnih mejah (žive meje, okrasni grmi, ograje, zidovi, bazeni, otroška igrišča ipd.),
- strnjene površine drevja in grmičevja v parkih, v kolikor po podatkih ZGS niso uvrščene pod gozd,
- pripadajočimi zemljišča avtocest do zaščitne ograje,

3.1.1.2 Kmetijsko zemljišče v zaraščanju

Najmanjša površina zajema je 100 m².

Zemljišče, ki se zarašča zaradi opustitve kmetovanja ali preskromne kmetijske rabe. Na njem se pojavljajo mlado olesenelo ali trnasto rastje ter drevesa in grmičevje, običajno različnih starosti, katerih pokrovnost je 20–75 %.

Kmetijska zemljišča v zaraščanju so posledica opuščanja kmetijske rabe (paše, košnje, oranja) ali premajhne obtežbe živali na površino (brez dodatnega fizičnega odstranjevanja zarasti na pašnih površinah). S procesom zaraščanja pride postopoma do sprememb v sestavi vegetacije na kmetijskih zemljiščih. Na opuščenih travnikih in pašnikih se zaraščanje začne z naseljevanjem olesenelih, pionirskih grmovnih in drevesnih vrst. Na ortofoto posnetku se površine v zaraščanju od trajnega travnika ločijo po bolj puhasti, grobi strukturi s strnjeno grmovno vegetacijo in posameznimi nižjimi drevesi.

V vrsto dejanske rabe »Kmetijsko zemljišče v zaraščanju« **uvrščamo** tudi:

- strnjene površine drevja in grmičevja vzdolž gozda/gozdnega roba, ki po podatkih Zavoda za gozdove (v nadaljevanju ZGS) niso uvrščene pod gozd,
- praprotišča, kjer so vidni znaki zaraščanja (mlado grmičevje in drugo olesenelo rastje),
- površine, kjer so bila odstranjena drevesa, grmičevje in ostala zarast (npr. ob gozdnih robovih, gozdni rob, brežine, ipd.), če se zaradi preskromne ali neustrezne kmetijske rabe ponovno zaraščajo,
- površine, porasle z mladimi smrekami, ki so se na zemljišču razrasle zaradi opuščanja kmetijske rabe.

V vrsto dejanske rabe »Kmetijsko zemljišče v zaraščanju« **ne uvrščamo**:

- površin, poraslih s strnjnim gozdnim drevjem in grmičevjem; tovrstne površine uvrščamo pod šifro dejanske rabe 1500 – Drevesa in grmičevje, v kolikor po podatkih ZGS niso uvrščene pod gozd,
- zaraščenih brežin teras trajnih nasadov.

V vrsto dejanske rabe »Kmetijsko zemljišče v zaraščanju« uvrščamo tudi druge površine, ki jih **v okviru tega projekta ne bomo obravnavali**. To so:

- zanemarjene trajne nasade, kjer je viden proces zaraščanja,
- kanele (rastišča navadnega trstikovca na Primorskem).

3.1.1.3 Trajni travnik

Površina porasla s travo, deteljami in drugimi krmnimi rastlinami, ki se jo redno kosi oziroma pase. Takšna površina ni v kolobarju in se ne orje. Kot trajni travnik se šteje tudi površina, porasla s posameznimi drevesi, kjer gostota dreves ne presega 50 dreves/hektar.

V vrsto dejanske rabe »Trajni travnik« uvrščamo tudi:

- naravna travišča, kjer se ne izvaja kmetijska raba (paša, košnja),
- zatravljene in obdelane obrečne pasove,
- praprotišča, ki se redno, vsaj enkrat letno pokosijo,
- površine, ki so začasno slabše zatravljene ali deloma nezatravljene zaradi paše (npr. površine ob napajališčih in druge površine, na katerih se živali pogosteje zadržujejo ali premikajo),
- manjše zaplate na travniških površinah, ki so bile v času snemanja ortofoto posnetka v postopku agromelioracije (planiranje, mulčenje, ipd.) in so bile na arhivskih ortofoto posnetkih trajni travnik,
- začasno nezatravljene ozke pasove, ki so posledica različnih infrastrukturnih del na travnikih (polaganja kablov, vodovoda, kanalizacije, plinovoda, ipd.) in so na arhivskih ortofoto posnetkih vidni kot trajni travnik, pašnik, ipd.,
- posamezne trajne rastline (sadno drevje, vinska trta ipd.), ki so posajene v eni vrsti ali posamično znotraj trajnega travnika ali so na robu naselja in se povezujejo s trajnim travnikom,
- površine, razmejene s »čredinkami«, zatravljene in namenjene prosti reji perutnine,
- začasna travnata igrišča, neograjena, brez vidnih oznak, ki so primarno v kmetijski rabi,
- trajne travnike pod daljnovodi, če je iz ortofoto posnetka, podatkov terenskega ogleda oziroma iz podatkov RKG razvidno, da gre za kmetijsko rabo,
- travnate površine na smučiščih, ki se v poletnih mesecih kosijo ali pasejo,
- enojne kozolce,
- suhozidne, vetrozaščitne pasove, mejice, melioracijske jarke ipd., široke do 2 m.

V vrsto dejanske rabe »Trajni travnik« **ne uvrščamo**:

- travnatih površin, na katerih je gostota drevja ali grmičevja več kot 50 dreves na hektar,
- površin, kjer so bila odstranjena drevesa, grmičevje in ostala zarast (npr. ob gozdnih robovih, brežine, ipd.) in se zaradi preskromne ali neustrezne kmetijske rabe ponovno zaraščajo,
- zatravljenih brežin teras trajnih nasadov, ki so del trajnega nasada,
- rekreacijskih in zelenih površin urbane rabe (parki, zelenice, golf in druga travnata igrišča, hipodromi, ipd.), ki so urejene v skladu s predpisi,
- zelenic okoli infrastrukturnih objektov in stavb,
- zatravljenih vzletnih in pristajalnih stez na športnih letališčih,
- območij mednarodnih ali vojaških letališč znotraj zaščitne ograje,

- začasno neobdelanih kmetijskih zemljišč (večja nasutja, planirane površine, trajno nezatravljene ograde za živino, usadov),
- zatravljenih površin v gozdu, na katerih je z gozdno gojitvenimi načrti dovoljena paša,
- utrjenih kolovozov širših od 2 m.
- prog poletnih sankališč s pripadajočim zemljiščem po vidnih mejah uporabe.

3.1.1.4 Njiva

Najmanjša površina zajema spremembe travnika v njivo je 100 m². Površina, ki jo orjemo ali drugače obdelujemo in obračališča, namenjena obdelavi te površine (širine do 2 m). Na tej površini pridelujemo enoletne in nekatere večletne kmetijske rastline (žita, krompir, krmne rastline, oljnice, predivnice, sladkorna pesa, zelenjadnice, vrtnine, okrasne rastline, zelišča, jagode itd.). Sem sodi tudi zemljišče v prahi in ukorenišče hmeljnih sadik.

V razredu njiva se ohranijo zemljišča, ki so začasno zasejana s travo ali drugimi krmnimi rastlinami (za obdobje manj kot 5 let) in se uporablja za košnjo ali pašo večkrat na leto. V tem primeru ne gre za spremembo njive v travnik. Če je površina porasla s travno rušo in ni preorana v obdobju pet ali več let, jo uvrstimo v trajni travnik.

V vrsto dejanske rabe »Njiva« **uvrščamo**:

- kmetijska zemljišča v prahi,
- zemljišča, ki so začasno zasejana s travo ali drugimi krmnimi rastlinami (za obdobje manj kot 5 let),
- površine, pokrite s premičnimi plastičnimi tuneli,
- površine, namenjene vrtničarstvu,
- njive, ki so začasno poplavljene,
- nasade jagod,
- ukorenišča hmeljnih sadik oziroma njivske površine na katerih dve leti niso rasle hmeljne rastline,
- preorane in posejane površine, namenjene za rejo živali na prostem, npr. (polži, perutnina, prašiči, itd.),
- brežine teras med njivami, katerih tlorisna širina ne presega 2 m.

V vrsto dejanske rabe »Njiva« **ne uvrščamo**:

- kuhinjskih vrtov, ki spadajo k funkcionalnim zemljiščem pozidanih in sorodnih zemljišč,
- površin, namenjenih za pridelavo humusa (npr. kalifornijski črvi),
- vrtnih lop, večjih od 25 m².

3.1.1.5 Vinograd

Najmanjša površina zajema je 100 m².

Površina, zasajena z vinsko trto (*Vitis vinifera*), vključno z obračališči in potmi v vinogradu ter brežinami pri vinogradu na terasah.

V vrsto dejanske rabe vinograd uvrščamo zemljišča, na katerih so nasadi vinske trte, ki se goji za pridelavo grozdja.

Problem pri prepoznavanju vinogradov na ortofotu je ločevanje vinogradov od mlajših intenzivnih sadovnjakov. Praviloma so trte v vinogradu ali v posameznih vrstah enako visoke, medtem ko so v intenzivnih sadovnjakih krošnje posameznih dreves različno visoke oziroma se višina dreves razlikuje od vrste do vrste. Poleg tega pa je medvrstna razdalja v intenzivnih sadovnjakih praviloma širša kot v vinogradih.

Kako izgleda vinograd na ortofotu je odvisno tudi od predela Slovenije, gojitvene oblike in načina zasaditve vinograda (terasa, vertikalna).

Gojitvena oblika enojni ali dvojni Guyot prevladuje na Štajerskem, Dolenjskem in na Goričkem ter v mlajših vinogradih tudi na Primorskem. Zanjso so značilne ožje medvrstne razdalje in razdalje med trtami.

Prosto viseča gojitvena oblika - Casarsa je še vedno precej zastopana v vinorodni deželi Primorska. Zanjso je značilna večja listna površina. Zato lahko takšne vinograde hitro zamenjamo z intenzivnim sadovnjakom.

V vrsto dejanske rabe »Vinograd« **uvrščamo**:

- poti znotraj vinograda, namenjene izključno obdelavi vinograda,
- obračališča, ki jih zajamemo po vidnih mejah na ortofoto posnetku,
- zaraščene in zatravljene brežine teras vinograda, ki so primer dobre kmetijske in okoljske prakse zaradi preprečevanja erozije.

V vrsto dejanske rabe »Vinograd« **ne uvrščamo**:

- trte, ki je zasajena samo v eni vrsti znotraj drugih vrst kmetijske rabe,
- rigolanih površin, pripravljenih za zasaditev vinograda,
- matičnjaka,
- samorodnice,
- nasadov vinske trte, ki so namenjene pridelavi namiznega grozdja (na podlagi podatkov RKG).

Krčitev vinograda

Najmanjša površina zajema je 100 m².

Krčitev vinograda prepoznamo najlažje, če imamo na razpolago posnetke iz junija julija, ko je v vinogradu najbolj bujna rast.

Kadar na novejšem posnetku ni več viden vinograd, ki obstaja na starejših posnetkih, predvidevamo, da gre za krčitev. Pri prepoznavanju krčitev vinogradov si pomagamo z dodatnimi sloji:

- sloj obnove vinogradov,
- sloj GERK 1610* (kmetijsko zemljišče v pripravi).

*GERK z vrsto rabe 1610 – kmetijsko zemljišče v pripravi se določi, kadar kmetijsko zemljišče začasno ni zasajeno, je pa v pripravi na kmetijsko proizvodnjo. V to vrsto rabe uvrščamo rigolana zemljišča pred zasaditvijo trajnega nasada ali druga zemljišča, kadar so bili izvedeni agrotehnični ukrepi za izboljšavo nadaljnje obdelave zemljišča, vendar samo, če je zemljišče že pripravljeno za setev (tudi travinja) ali saditev.

3.1.1.6 Gozd

Najmanjša površina zajema je 100 m².

Zemljišče, ki je v skladu s predpisi o gozdovih opredeljeno kot gozd.

Kriteriji za določanje gozdnih površin so opredeljeni v Zakonu o gozdovih. Gozdne površine v evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč se usklajujejo s podatki Zavoda za gozdove (ZGS).

V vrsto dejanske rabe »Gozd« **uvrščamo** tudi:

- površine, kjer je bila izvedena pomladitvena sečnja in so zato začasno brez drevja (poseke),
- mlada drevesa (mladovje), plantaže gozdnega drevja in gozdne drevesnice, ki so po podatkih ZGS uvrščene pod gozd,
- gozdna zemljišča, kjer je prišlo do požara, snegoloma, vetroloma,
- poseke na trasah daljnovodov, cevovodov in smučarskih vlečnic,
- gozdne ceste, vlake in ostalo gozdno infrastrukturo,

- ruševje,
- gozdne površine, na katerih je z gozdno gojitvenimi načrti dovoljena paša,
- obore v gozdu za rejo divjadi,
- praprotišča, ki so po podatkih ZGS uvrščena pod gozd.

V vrsto dejanske rabe »Gozd« **ne uvrščamo**:

- drevoredov, parkov, rekreacijskih območij (npr. golf igrišč) znotraj pozidanih in sorodnih zemljišč, ki po podatkih ZGS niso uvrščena pod gozd,
- plantaž gozdnega drevja in nasadov okrasnih smrek, ki po podatkih ZGS niso uvrščena pod gozd,
- površin poraslih z mladimi smrekami, ki so se na zemljišču razrasle zaradi opuščanja kmetijske rabe in po podatkih ZGS niso gozd,
- jas znotraj gozda, večjih od 5000 m²,
- jas znotraj gozda, manjših od 5000 m², če so po podatkih RKG v kmetijski rabi,
- zemljišč pod daljnovodi, če je iz ortofota, podatkov terenskega ogleda, oziroma iz podatkov RKG vidno, da so v naravi njive in vrtovi, travniške površine ali trajni nasadi.

Krčitev gozda

Najmanjša površina zajema je 100 m².

Obravnavamo večinoma krčitve na meji s kmetijskimi površinami oziroma v bližini kmetijskih površin.

Za krčitev gozda določimo tisto območje, na katerem na novem posnetku ni več videti gozda in hkrati v gozdni maski območje NI zavedeno pod: mladovje, debeljak, lubadar ipd.).

Dovoljeno odstopanje med mejo gozdne maske in mejo gozda na posnetku je 15 m.

Pri prepoznavanju krčitev gozda si pomagamo z dodatnimi sloji:

- GERK (na območju, kjer je bil včasih gozd, imamo prijavljen nov GERK),
- Sestoji.

3.1.1.7 Intenzivni sadovnjak

Najmanjša površina zajema je 100 m².

Površina, zasajena s sadnimi vrstami, pri obdelavi katere se uporabljajo sodobne intenzivne tehnologije. Intenzivni sadovnjak zajema površino nasada skupaj z obračališči in potmi ter brežinami, če je nasad zasajen v terasah. Nasade jagod uvrščamo v vrsto dejanske rabe njiva.

Sem uvrščamo intenzivne sadovnjake (plantaže sadnega drevja, kot so jabolane, hruške, breskve, višnje, češnje, marelice, orehi, leska, bezeg itd.), ki se na ortofotu od ekstenzivnih sadovnjakov razlikujejo po sledečih lastnostih:

- nasad je običajno pravilne oblike in ograjen,
- sadna drevesa oz. grmi so v vrstah, brez presledkov in imajo pogosto oporo,
- velikost sadnih dreves oz. grmov je izenačena,
- krošnje so vzgojene in podobnih oblik,
- gostota dreves je v intenzivnih nasadih večja kot v ekstenzivnih.

V vrsto dejanske rabe »Intenzivni sadovnjak« **uvrščamo** tudi nasade:

- jagodičevja (ameriške borovnice, maline, robide, kosmulje, itd.),
- lupinarjev (lešniki, orehi, mandlji, kostanji) v kolikor se obdelujejo intenzivno,

- namenjene pridelavi namiznega grozdja, če je to razvidno iz podatkov RKG.

V vrsto dejanske rabe »Intenzivni sadovnjak« **ne uvrščamo**:

- nasadov jagod,
- zanemarjenih intenzivnih sadovnjakov, kjer ni vidna kmetijska obdelava (npr. neobrezana, posušena drevesa, nepokošeni medvrstni prostori, porasli z vsakovrstnim rastjem).

Krčitev intenzivnega sadovnjaka

Najmanjša površina zajema je 100 m².

Za krčitev intenzivnega sadovnjaka določimo tisto območje, na katerem ne novem posnetku ni več videti dreves.

Pri prepoznavanju krčitev intenzivnega sadovnjaka si pomagamo z dodatnim slojem: območje prekriva GERK 1610* (Kmetijsko zemljišče v pripravi).

Intenzivni sadovnjaki so manj problematični od vinogradov (manj sprememb, daljše obdobje rasti in uporabe).

3.1.2 Specifikacija lastnosti klasifikacijskih razredov

Na podlagi pravil za zajem dejanske rabe (3.1.1) smo določili klasifikacijske razrede in opredelili njihove lastnosti. V Tabela 10 je podan seznam vrst rabe, na katerih se določa spremembe oziroma posamezne klasifikacijske razrede.

Tabela 10: Prvotna raba oz. na katerih vrstah rabe se izvaja identifikacija sprememb na kmetijskem zemljišču.

	POZIDANO	ZARAŠČANJE	KRČITEV	DRUGO	OPOMBA
1100 Njiva	Da	Ne	Ne	Sprememba v travnik	Ne na kompleksih njiv (Slika 14).
1160 Hmeljišče	Da	Ne	Ne		
1180 Trajne rastline na njivskih površinah	Da	Ne	Ne		
1190 Rastlinjak	Ne	Ne	Ne		
1211 Vinograd	Da	Ne	Da		
1212 Matičnjak	Da	Ne	Ne		
1221 Intenzivni sadovnjak	Da	Ne	Da		
1222 Ekstenzivni oziroma travniški sadovnjak	Da	Ne	Ne		
1230 Oljčnik	Da	Ne	Ne		
1240 Ostali trajni nasadi	Da	Ne	Ne		
1300 Trajni travnik	Da	Da	Ne	Sprememba v njivo	Ne na kompleksih njiv (Slika 14)
1321 Barjanski travnik	Da	Ne	Ne		
1410 Kmetijsko zemljišče v zaraščanju	Da	Ne	Ne		

	POZIDANO	ZARAŠČANJE	KRČITEV	DRUGO	OPOMBA
1420 Plantaža gozdnega drevja	Da	Ne	Ne		
1500 Drevesa in grmičevje	Da	Ne	Ne		
1600 Neobdelano kmetijsko zemljišče	Da	Ne	Ne		
2000 Gozd	Ne	Ne	Pogojno		Če meji na kmetijsko zemljišče



Slika 14: Primer kompleksov njiv, na katerih se ne razpozna sprememba travnika v njivo in obratno.

V nadaljevanju je za posamezen klasifikacijski razred podana definicija, prvotna raba zemljišča ter časovne, spektralne in geometrične lastnosti sprememb.

3.1.2.1 Pozidano kmetijsko zemljišče

Definicija

Pozidano kmetijsko zemljišče je kmetijsko zemljišče ali njegov del, na katerem stojijo stavbe ali neprepustne/utrjene površine (po pokrovnosti). Npr. stavbe, inženirski objekti (cesta, parkirišče), dvorišče. V klasifikacijski razred se ne uvrščajo površine, ki so prekrite z vegetacijo, npr. kuhinjski vrtovi, drevoredi, parki, rekreacijske površine, ipd., ki se sicer po rabi uvrščajo v pozidano in sorodno zemljišče.

Prvotna vrsta rabe zemljišča

Vse podrobne vrste kmetijske rabe, razen 1190 - rastlinjak (1100, 1160, 1180, 1211, 1212, 1221, 1222, 1230, 1240, 1300, 1321, 1410, 1420, 1500, 1600).

Časovne lastnosti

Gre za nenadno spremembo. Za identifikacijo spremembe zadošča vir o dejanskem stanju v naravi pred in po spremembi.

Časovna vrsta večih posnetkov lahko služi za izboljšanje pravilnosti rezultatov klasifikacije.

Geometrične lastnosti

Izhodiščne vrednosti minimalnih geometričnih pogojev za določitev spremembe so privzeti iz kriterijev za zajem: minimalna površina spremembe 25 m² in minimalna širina 2 m. Končni geometrični pogoji pa so določeni kot minimalna vrednost, ki jo je mogoče določiti na podlagi uporabljenih podatkovnih virov (prostorska ločljivost) in so opredeljeni v metodologiji posameznega pristopa identifikacije sprememb (glej 3.2.3).

Spektralne lastnosti

Določitev na podlagi analize lastnosti vzorcev na razpoložljivih virih.

Npr. vegetacijski indeks, indeks pozidanosti tal, homogenost.

3.1.2.2 Zaraščen trajni travnik

Definicija

Zaraščen trajni travnik je zemljišče ali njegov del z rabo trajni travnik, na katerem se zaradi opuščanja kmetijske rabe (paša, košnja) pojavlja mlado olesenelo ali trnasto rastje ter drevesa in grmičevje, katerih pokrovnost je 20 – 75 %.

V klasifikacijski razred zaraščen trajni travnik se ne uvrščajo druge vrste kmetijskih zemljišč v zaraščanju.

Prvotna vrsta rabe zemljišča

Trajni travnik (1300).

Časovne lastnosti

Gre za dolgoletno spremembo. Za identifikacijo spremembe se zahteva časovna vrsta podatkov o dejanskem stanju v naravi (1 posnetek/leto, min. 3 leta).

Geometrične lastnosti

Izhodiščne vrednosti minimalnih geometričnih pogojev za določitev spremembe so privzeti iz kriterijev za zajem: minimalna površina spremembe 100 m² in minimalna širina 2 m. Končni geometrični pogoji pa so določeni kot minimalna vrednost, ki jo je mogoče določiti na podlagi uporabljenih podatkovnih virov (prostorska ločljivost) in so opredeljeni v metodologiji posameznega pristopa identifikacije sprememb (glej 3.2.3).

Spektralne lastnosti

določitev na podlagi analize lastnosti vzorcev na razpoložljivih virov

npr. vegetacijski indeks, heterogenost

Na ortofoto posnetku se površine v zaraščanju od trajnega travnika ločijo po bolj puhasti, grobi strukturi s strnjeno grmovno vegetacijo in posameznimi nižjimi drevesi. Na modelu višin nad terenom se zaraščanje od trajnega travnika loči po višini nad terenom, ki znaša več kot npr. 1 m. Značilne so tudi nehomogene višine nad terenom.

3.1.2.3 Sprememba njive v travnik

Definicija

V razred sprememba njiva v travnik se uvrščajo kmetijska zemljišča z rabo 1100 (njiva) ali del teh zemljišč, ki so porasla s travo, deteljami in drugimi krmnimi rastlinami in v tem obdobju niso bila

preorana. Deli kmetijskega zemljišča, ki so trajno namenjeni prehodu in obračališču traktorja, se ne uvrščajo v ta razred.

Prvotna vrsta rabe zemljišča

Njiva (1100).

Časovne lastnosti

Gre za nenadno spremembo. Za identifikacijo spremembe se zahteva časovna vrsta podatkov o dejanskem stanju v naravi. Časovna vrsta večih posnetkov služi za določitev fenološkega razvoja kmetijskih kultur in lažje razpoznavanje njive in travnika.

Geometrične lastnosti

Izhodiščne vrednosti minimalnih geometričnih pogojev za določitev spremembe so privzeti iz kriterijev za zajem: minimalna površina spremembe 100 m² in minimalna širina 2 m. Končni geometrični pogoji pa so določeni kot minimalna vrednost, ki jo je mogoče določiti na podlagi uporabljenih podatkovnih virov (prostorska ločljivost) in so opredeljeni v metodologiji posameznega pristopa identifikacije sprememb (glej 3.2.3).

Spektralne lastnosti

določitev na podlagi analize lastnosti vzorcev na razpoložljivih virov

3.1.2.4 Sprememba travnika v njivo

Definicija

V razred sprememba travnika v njivo se uvrščajo kmetijska zemljišča z rabo 1300 (trajni travnik) ali deli teh zemljišč, ki so bila v obdobju enega leta vsaj enkrat preorana in je na njej zaznati fenološki razvoj ene kmetijske kulture (razen trave, detelje in drugih krmnih rastlin).

Prvotna vrsta rabe zemljišča

Trajni travnik (1300).

Časovne lastnosti

Gre za nenadno spremembo. Za identifikacijo spremembe se zahteva časovna vrsta podatkov o dejanskem stanju v naravi. Časovna vrsta večih posnetkov služi za določitev fenološkega razvoja kmetijskih kultur in lažje razpoznavanje njive in travnika.

Geometrične lastnosti

Izhodiščne vrednosti minimalnih geometričnih pogojev za določitev spremembe so privzeti iz kriterijev za zajem: minimalna površina spremembe 100 m² in minimalna širina 2 m. Končni geometrični pogoji pa so določeni kot minimalna vrednost, ki jo je mogoče določiti na podlagi uporabljenih podatkovnih virov (prostorska ločljivost) in so opredeljeni v metodologiji posameznega pristopa identifikacije sprememb (glej 3.2.3).

Spektralne lastnosti

določitev na podlagi analize lastnosti vzorcev na razpoložljivih virov

3.1.2.5 Krčitev vinograda ali intenzivnega sadovnjaka

Definicija

V razred krčitev vinograda ali sadovnjaka se uvrščajo kmetijska zemljišča z rabo 1211 (vinograd) in intenzivni sadovnjak (1221) ali deli teh zemljišč, ki niso več porasla s sadnim drevjem ali vinsko trto.

Prvotna vrsta rabe zemljišča

Vinograd (1211), intenzivni sadovnjak (1221).

Časovne lastnosti

Za identifikacijo spremembe zadošča vir o dejanskem stanju v naravi pred in po spremembi. Časovna vrsta večih posnetkov lahko služi za izboljšanje pravilnosti rezultatov klasifikacije.

Geometrične lastnosti

Izhodiščne vrednosti minimalnih geometričnih pogojev za določitev spremembe so privzeti iz kriterijev za zajem: minimalna površina spremembe 100 m² in minimalna širina 2 m. Končni geometrični pogoji pa so določeni kot minimalna vrednost, ki jo je mogoče določiti na podlagi uporabljenih podatkovnih virov (prostorska ločljivost) in so opredeljeni v metodologiji posameznega pristopa identifikacije sprememb (glej 3.2.3).

Spektralne lastnosti

določitev na podlagi analize lastnosti vzorcev na razpoložljivih virov
npr. digitalni model površja, višina objektov nad terenom

3.1.2.6 Krčitev gozda na meji s kmetijskim zemljiščem

Definicija

V razred krčitev gozda se uvrščajo deli gozdnih zemljišč (2000), ki mejijo na kmetijska zemljišča (1000) in niso več porasla z visoko vegetacijo.

Prvotna vrsta rabe zemljišča

Gozd (2000).

Časovne lastnosti

Za identifikacijo spremembe zadošča vir o dejanskem stanju v naravi pred in po spremembi. Časovna vrsta večih posnetkov lahko služi za izboljšanje pravilnosti rezultatov klasifikacije.

Geometrične lastnosti

Izhodiščne vrednosti minimalnih geometričnih pogojev za določitev spremembe so privzeti iz kriterijev za zajem: minimalna površina spremembe 100 m² in minimalna širina 2 m. Končni geometrični pogoji pa so določeni kot minimalna vrednost, ki jo je mogoče določiti na podlagi uporabljenih podatkovnih virov (prostorska ločljivost) in so opredeljeni v metodologiji posameznega pristopa identifikacije sprememb (glej 3.2.3).

Spektralne lastnosti

določitev na podlagi analize razpoložljivih virov
npr. digitalni model površja, višina objektov nad terenom

3.2 Metodologija za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe

Cilj izdelave metodologije za samodejno identifikacijo sprememb dejanske rabe je razvoj samodejnega postopka, ki ga bo možno vključiti v obstoječi proces vzdrževanja podatkov. Cilj samodejne identifikacije sprememb v daljinskem zaznavanju je optimalna prepoznava vseh večjih sprememb na obravnavanem območju iz (različnih) podatkov daljinskega zaznavanja.

Izhodišča za izdelavo metodologije so dana z rezultati pregleda alternativnih virov podatkov, ki predlagajo možen nabor alternativnih virov podatkov in s predlogom seznama klasifikacijskih razredov z definicijami lastnosti, ki je opisan v predhodnem poglavju.

V nadaljevanju je podana metodologija, ki je razdeljena na pet vsebinskih sklopov:

- izbor podatkov,
- predobdelava podatkov,
- pristopi identifikacije sprememb,
- izdelava opozorilnega sloja in
- vrednotenje rezultatov.

V nadaljevanju je podan opis metodologije za samodejno identifikacijo sprememb, ki vsebuje spremembe in dopolnitve uvedene na podlagi rezultatov testiranj (glej 4. poglavje) in vrednotenja rezultatov (5. poglavje).

3.2.1 Vhodni podatki

Na podlagi pregleda podatkov daljinskega zaznavanja (glej 2.3) smo identificirali razpoložljive alternativne vire podatkov, njihove prednosti in slabosti ter možen način uporabe. Za potrebe identifikacije sprememb na kmetijskih zemljišč v postopku vzdrževanja dejanske rabe ima posamezna skupina alternativnih virov določene prednosti:

- iz vidika prostorske ločljivosti državni ortofoto in satelitski posnetki zelo visoke ločljivosti,
- iz vidika podatkov o višini in obliki zemeljska površja in vegetacije oblak točk laserskega skeniranja in digitalni model površja, izdelan na podlagi aeroposnetkov,
- iz vidika spektralne ločljivosti satelitski posnetki,
- iz vidika časovne ločljivosti satelitski in radarski posnetki,
- iz vidika cene in dostopnosti podatkov pa izdelki CAS (ortofoti in digitalni model površja), brezplačni optični satelitski in radarski posnetki.

Po priporočilu naročnika smo pri izboru podatkov daljinskega zaznavanja v čim večji meri vključili podatke državnega topografskega sistema. To je digitalni model reliefa in izdelki CAS, ki so naročniku na voljo brezplačno v rednih triletnih ciklih (s posameznimi izjemami). Na podlagi teh dejstev in specifikacije lastnosti klasifikacijskih razredov (3.1.2) smo metodologijo zasnovali na podlagi naslednjih podatkov daljinskega zaznavanja:

- ortofoto (RGB) in infrardeči ortofoto (IR ortofoto), izdelka CAS,
- digitalni model površja, izdelek CAS,
- digitalni model površja, izdelan na podlagi aeroposnetkov CAS,
- digitalni model reliefa, izdelek laserskega skeniranja Slovenije,
- optični satelitski posnetki Sentinel-2,
- visokoločljivostni optični satelitski posnetki (Pléiades).

Izdelki CAS (barvni in infrardeči ortofoto ter digitalni model površja) so bili izbrani, ker:

- imajo visoko prostorsko ločljivostjo,
- so razpoložljivi v rednih triletnih ciklih,
- so brezplačni.

Optični satelitski posnetki Sentinel-2

Pri izbiri alternativnih virov smo upoštevali več dejavnikov: dostopnost, prostorska in spektralna informativnost ter pričakovana politika upravljanja s podatki v prihodnosti. Podatki satelitov Sentinel so zagotovljeni najmanj za prihodnjih deset let, in sicer kot prosto dostopni in brezplačni podatki za vse uporabnike.

Ker v študiji obravnavamo različne razrede sprememb na različnih rabah tal, so primerni predvsem večspektralni podatki, torej podatki satelitov Sentinel-2. Nadalje, upošteva se velikost tipičnih zemljišč v Sloveniji, smo sklenili, da je smiselno uporabiti predvsem podatke iz kanalov 10 m prostorske ločljivosti. S tem v večini primerov zagotovimo zadostno število pikslov na opazovano zemljišče, da lahko opravljamo statistično značilne analize. V marcu 2017 je bil uspešno utirjen še satelit Sentinel-2B, to pomeni, da se bo čas opazovanja iste lokacije v prihodnosti zgostil na pet dni, na območjih prekrivanja pasov snemanja pa še pogosteje. Na ta način bo podano boljše izhodišče za pridobivanje brezoblačnih posnetkov.

Podatki satelitov Sentinel-1 so radarski podatki, njihova prednost je, da niso odvisni od vremenskih razmer, vendar pa je njihova interpretacija in uporabnost bolj specifična. Zelo dobro omogočajo razpoznavanje vode na površju, uporabljajo pa se tudi za beleženje vlažnostnih razmer na zemljiščih in v gozdovih. Ker gre za podatke z dobrim časovnim zaporedjem se seveda ponuja dobra opcija za kontinuirano spremljanje površja in s tem sprememb. Vendar so uspešne aplikacije na osnovi časovnih vrst radarskih posnetkov še redke in ne povsem primerljive z razmerami v Sloveniji. Zato smo se odločili, da se osredotočimo na pridobivanje čim več informacij iz podatkov optičnih sistemov.

Visokoločljivostni optični satelitski posnetki Pléiades

Na drugi strani smo pregledali razpoložljivost in ugodnost dostopnosti tudi za podatke zelo visoke ločljivosti – VHR podatke (prostorska ločljivost do 1 m), kot alternativni (nadomestni, dopolnjujoči) vir državnim posnetkom ortofoto (ločljivost 0.5 in 0.25 m). Poleg prostorske primerljivosti smo pri izbiri upoštevali tudi spektralno primerljivost, torej smo iskali med optičnimi VHR posnetki, ki imajo vsaj moder, zelen, rdeč in infra rdeč kanal (WorldView-3, GeoEye, Pléiades). VHR satelitski podatki praviloma niso prosto in brezplačno dostopni, prav tako se v bližnji prihodnosti ne gre nadejati sprememb v politiki dostopanja do takšnih podatkov. Edina prosto dostopna alternativa v tem trenutku, ki zagotavlja tudi redno obnovo na 3-5 let vsaj do leta 2020, so posnetki Pléiades v okviru storitve Copernicus DAP (Copernicus Data Access Portofilo). Zato smo v študijo alternativnih VHR podatkov vključili posnetke Pléiades.

Poleg podatkov daljinskega zaznavanja metodologija samodejne identifikacije temelji na uporabi pomožnih vektorskih podatkov:

- dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč (stanje 2010, 2013, 2016),
- gozdna maska,
- prostorske enote GERK,
- podatki o obnovi vinogradov.

Podatki dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč se uporabijo za identifikacijo evidentiranega stanja rabe (stanje 2010, 2013) in za izdelavo referenčnega sloja podatkov (stanje 2016).

Gozdna maska, GERK in podatki o obnovi vinogradov se bodo predvidoma uporabili kot informativni vir podatkov pri identifikaciji spremembe.

3.2.2 Predobdelava podatkov daljinskega zaznavanja

Matematična osnova vseh podatkovnih virov je koordinatni sistem D96/TM, saj so vsi izdelki CAS (barvni in infrardeči ortofoti, digitalni model površja) in izdelki laserskega skeniranja Slovenije izdelani v tem koordinatnem sistemu. Za potrebe samodejne identifikacije je zato potrebno vse podatke daljinskega zaznavanja georeferencirati v D96/TM, pomožne podatkovne vire, ki se vodijo v

koordinatnem sistemu D48/GK, pa transformirati v D96/TM (dejanska raba, GERK, obnove vinogradov).

V nadaljevanju je podan opis postopka predobdelave podatkov daljinskega zaznavanja.

Ortofoto in IR ortofoto

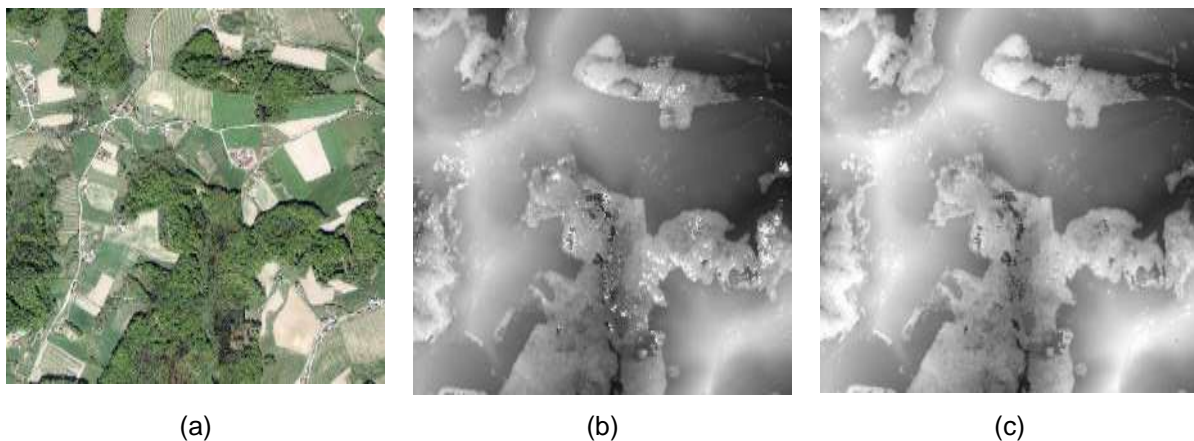
Prevzame se ortofote s prostorsko ločljivostjo 50 cm iz državnega topografskega sistema. Predobdelava podatkov ni potrebna.

Digitalni model površja, izdelek CAS ali generiran na podlagi aeroposnetkov

Digitalni model površja kot izdelek CAS se vodi v formatu LAS. Za uporabo v predlaganih pristopih samodejne identifikacije je potrebno podatke zapisati v slikovno datoteko.

Digitalni model površja, izdelek CAS 2016, vsebuje na predlaganem testnem območju določene nepravilnosti, to so predvsem manjkajoči podatki drevesnih krošenj in vodnih površin (Slika 15). Za odpravo teh pomanjkljivosti sta možna dva pristopa, ki ju izvedemo v okviru predobdelave podatkov:

- interpolacija podatkov na podlagi okoliških pikselov ali
- izdelava digitalnega modela površja na podlagi slikovnega ujemanja iz aerofotografij projekta CAS. Pri tem se uporabi pankromatske posnetke za aerofotografije zadnjega snemanja in RGB posnetke za starejša snemanja ter dodatne podatke o aerofotografiranju (podatki o aerofotoaparatu, parametri zunanje orientacije). Na podlagi teh podatkov se izvede slikovno ujemanje, katerega rezultat je digitalni model površja s prostorsko ločljivostjo 0.5 m.



Slika 15: Ortofoto (a), digitalni model površja, izdelek CAS (b) in izdelan na podlagi slikovnega ujemanja iz aerofotografij (c).

Oba načina predobdelave oziroma izdelave digitalnega modela površja sta uporabljena za podatke na študijskem območju (glej 4.1). Na podlagi rezultatov testiranja identifikacije sprememb bo predlagan optimalni način.

Digitalni model reliefa, izdelek laserskega skeniranja Slovenije

Prevzame se podatke digitalnega modela reliefa, izdelka laserskega skeniranja Slovenije, ki so na voljo na portalu eVode. Prevzeti podatki so zapisani v formatu ASCII, za uporabo v predlaganih pristopih samodejne identifikacije je potrebno podatke zapisati v slikovno datoteko s prostorsko ločljivostjo 1 m.

Optični satelitski posnetki Sentinel-2A in Pléiades

Vse podatke obravnavamo v obeh državnih koordinatnih sistemih D48/GK in v novem D96/TM. Za pripravo in obdelavo posnetkov Pléiades in Sentinel-2 smo prilagodili samodejno procesno verigo STORM (ZRC SAZU & CO Vesolje.si), in sicer:

- da podpira multispektralni in pankromatski senzor Pléiades,
- da ustrezno obravnava zelo velike pankromatske datoteke,
- dodali pa smo tudi podporo za novo državno projekcijo D96.

Postopek predobdelave podatkov Pléiades zajema:

- ortorektifikacijo s procesno verigo STORM, ločeno za multispektralne in pankromatski kanal,
- ostrenje (združevanje multispektralne informacije (2 m) na prostorsko ločljivost pankromatskega kanala – tj. 0.5 m v namenski programske opreme,
- izrez na izbrana testna območja (trije listi DOF).

Postopek predobdelave podatkov Sentinel-2 zajema:

- ortorektifikacijo s procesno verigo STORM, za spektralne kanale z 10 m prostorsko ločljivostjo (to so 2., 3., 4. in 8 kanal),
- atmosferske popravke s procesno verigo STORM,
- izrez na izbrana testna območja (trije listi DOF) v namenski programske opreme,
- pregled in izbira brezoblačnih izsekov posnetkov.

Drugi postopki priprave podatkov se po potrebi (namenu analize) izvedejo v okviru postopka določitve sprememb (npr. radiometrična standardizacija posnetkov, izbira kanalov, izračun vegetacijskih indeksov, izračun bio-fizikalnih kazalnikov).

3.2.3 Pristopi identifikacije sprememb

V projektu smo obravnavali dva osnovna pristopa:

- samodejno identifikacijo vseh izrazitejših sprememb ter
- samodejno razpoznavanje sprememb v posameznih razredih dejanske rabe.

Prvi pristop obsega samodejno identifikacijo sprememb zgolj na podlagi podatkov daljinskega zaznavanja, ne glede na vrsto spremembe in ne glede na dejansko rabo zemljišč.

Drugi pristop pa temelji na identifikaciji določenih sprememb, ki so definirane s klasifikacijskimi razredi sprememb (3.1.2) zgolj na kmetijskih zemljiščih (po podatkih dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč). Izjema so gozdna zemljišča, kjer identificiramo spremembe na meji s kmetijskim zemljiščem (potencialna razširitev kmetijskih zemljišč).

V nadaljevanju je podan opis pristopov za določitev naslednjih klasifikacijskih razredov sprememb:

- pozidano kmetijsko zemljišče,
- zaraščen trajni travnik,
- sprememba njive v travnik in obratno,
- krčitev vinograda ali intenzivnega sadovnjaka,
- krčitev gozda na meji s kmetijskim zemljiščem.

Na podlagi tipologije sprememb dejanske rabe (Mallet, 2015) se klasifikacijski razredi sprememb uvrstijo v:

- ciklične spremembe zaradi fenološkega razvoja rastlin (npr. spremembe pokrovnosti njive zaradi fenološkega razvoja poljščin),
- nenadne oziroma direktne spremembe (npr. pozidava kmetijskega zemljišča in krčitve),
- dolgoročne spremembe (npr. zaraščanje kmetijskih zemljišč).

Zaradi raznolikosti tipov sprememb predlaganih klasifikacijskih razredov ni mogoče izoblikovati enega optimalnega nabora vhodnih podatkov in enotnega pristopa identifikacije sprememb za vse

klasifikacijske razrede. Metodologija je zasnovana na podlagi treh pristopov identifikacije sprememb, ki so podrobneje opisani v nadaljevanju. Obravnavani pristopi so:

- analiza klasificiranih posnetkov,
- analiza neposredne primerjave dveh ali več posnetkov,
- analiza časovnih vrst.

V fazi testiranja (glej 4.3) so bili vsi trije pristopi testirani na vseh klasifikacijskih razredih in na podlagi vrednotenja rezultatov (glej 5.1) je podana ocena glede možnosti uporabe posameznega pristopa in predlaganega nabora vhodnih podatkov za določitev posamezne vrste spremembe rabe (klasifikacijski razred).

3.2.3.1 Analiza klasificiranih posnetkov

Analiza klasificiranih posnetkov temelji na zaznavanju sprememb na podlagi klasificiranih posnetkov. Zaznavanje sprememb temelji na primerjavi klasificiranih posnetkov v različnih obdobjih oziroma lahko tudi na podlagi primerjave zgolj enega klasificiranega posnetka in evidentiranega stanja v bazi podatkov (dejanska raba). Prednost uporabe dveh ali več posnetkov se navadno kaže v:

- izboljšanju pravilnosti rezultatov klasifikacije, saj lahko na podlagi večih posnetkov odstranimo morebitne lažno klasificirane objekte in
- izboljšanju pravilnosti rezultatov klasifikacije dolgotrajnih sprememb (npr. zaraščanje).

Metoda klasifikacije je lahko pikselska ali objektno usmerjena. Izbira metode klasifikacije je odvisna predvsem od stopnje podrobnosti obravnavanih posnetkov in lastnosti klasifikacijskih razredov. V tej nalogi določamo spremembe dejanske rabe z zelo visoko stopnjo podrobnosti (od 25 do 100 m²) na zelo visokoločljivostnih posnetkih, zato smo se odločili za uporabo metode objektno usmerjene klasifikacije (Hussain in sod., 2013). Pristop temelji na objektni klasifikaciji kombinacije vseh vhodnih podatkov, območje razpoznave sprememb pa je omejeno z masko vhodnih podatkov na območje kmetijskih zemljišč in gozda po podatkih dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (stanje 2013).

Možnost uporabe za namen optimizacije postopka vzdrževanja podatkov dejanske rabe

Predlagana tehnika zaznave sprememb na podlagi kombinacije vseh vhodnih podatkov se je na podlagi testiranja izkazala kot primerna metoda za identifikacijo (skoraj) vseh sprememb obravnavanih v okviru te naloge:

- krčitev gozda,
- krčitev vinogradov ali sadovnjakov,
- sprememba travnika v njivo,
- sprememba kmetijskega zemljišča v pozidano,
- očiščenje kmetijskega zemljišča v zaraščanju,
- zaraščanje na trajnih travnikih.

Izjema je sprememba njive v travnik, saj se le-ta lahko identificira le na podlagi večjega števila posnetkov v rastni dobi poljščine. Pri uporabi državnih ortofotov smo omejeni le na en posnetek v triletnem obdobju, zato se za to vrsto spremembe priporoča uporaba analize časovnih vrst in časovne serije Sentinel-2 posnetkov. Glej 3.2.3.3.

Vhodni podatki in predobdelava podatkov

- ortofoto in IR ortofoto s prostorsko ločljivostjo 50 cm (2010, 2013 in 2016),
- digitalni model površja (DMP) za leto 2016,
- aeroposnetki CAS za leta 2010 in 2013 ter
- digitalni model reliefa (DMR1, 2011).

Predobdelava vhodnih podatkov obsega:

- izdelavo normaliziranega digitalnega modela površja (v nadaljevanju nDMP) (Grigillo in sod. 2016),
- rastrskega sloja heterogenosti površja ter
- glajenje ortofota.

Za izdelavo nDMP, razlika med DMP in DMR1, smo za celotno serijo (2010, 2013 in 2016) uporabili DMR1 (2011), saj le-ta temelji na lidarskih podatkih in je bistveno višje natančnosti (horizontalna in višinska). Spremembe DMR1 smo v postopku izdelave nDMP zanemarili. Za izdelavo rastrskega sloja heterogenosti smo uporabili zeleni kanal barvnega ortofota. Heterogenost posameznega piksla smo določili kot razmerje med standardno deviacijo okoliških sosednjih piksllov in povprečno vrednostjo na obravnavanem območju. Ortofoto smo zgladili s filtrom mediana.

Postopek

Gre za popolnoma samodejen postopek (Mesner, 2016), katerega rezultat so vse obravnavane spremembe z izjemo spremembe njive v travnik. Dodatno smo s to metodo identificirali tudi očiščenje zaraščanja, ki sicer ni bilo predmet projekta. Klasifikacijski razredi tipa nenadna sprememba (krčitve, pozidano kmetijsko zemljišče, sprememba travnika v njivo in očiščenje zaraščanja) je izvedena na podlagi zadnjega stanja ortofota in IR ortofota ter nDMP. Arhivski ortofoti in nDMP so uporabljeni za izboljšanje pravilnosti klasifikacije. Klasifikacijski razred zaraščanje, ki je dolgoročna sprememba, je določena na podlagi kombinacije vseh ortofotov, vseh treh nDMP in sloja heterogenosti.

V prvem koraku smo na podlagi podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (2013) izdelali masko posnetka na katerem smo izvajali identifikacijo sprememb. Masko objekta smo na podlagi podatkov rabe (2013) uvrstili v razrede gozd, pozidano, kmetijska zemljišča in druga zemljišča. Identifikacijo sprememb smo izvajali zaporedoma, kjer smo v vsaki podfazi identificirali določeno vrsto spremembe.

Krčitev gozda smo identificirali na maski gozda. Uporabili smo večnivojski algoritem segmentacije nDMP in sprememb višin. Na podlagi nDMP in sprememb višin smo identificirali potencialne krčitve. V klasifikacijski razred krčitev gozda smo uvrstili vse potencialne krčitev, ki mejijo na kmetijsko zemljišče in/ali izpolnjujejo minimalni površinski kriterij.

Krčitev vinogradov in sadovnjakov smo identificirali na maski vinogradov in intenzivnih sadovnjakov. Uporabili smo večnivojski algoritem segmentacije na podlagi zglajenega ortofota in IR ortofota (2013, 2016) ter sloja heterogenosti. Potencialne krčitve smo identificirali na podlagi indeksa NDVI in sprememb le-tega. V klasifikacijski razred krčitev vinograda ali sadovnjaka smo uvrstili vse potencialne krčitev, ki izpolnjujejo minimalni površinski kriterij in kriterij oblike.

Spremembo travnika v njivo ter pozidano kmetijsko zemljišče smo izvajali hkrati, saj sta v spektralnem smislu gola tla (preorana njiva) in pozidano zemljišče podobna. Spremembe smo identificirali na maski travnikov, njiv in drugih kmetijskih zemljišč. Uporabili smo večnivojski algoritem segmentacije zglajenega ortofota in nDMP. Na podlagi indeksa NDVI smo identificirali potencialne njive in pozidano, na podlagi nDMP potencialne stavbe, na podlagi indeksa senc pa sence. V klasifikacijski razred Spremembo travnika v njivo ter pozidano kmetijsko zemljišče smo uvrstili vse potencialne spremembe, ki so izpolnile minimalne geometrijske, kontekstualne in teksturne zahteve. Pozidano na predhodni rabi 1600-neobdelano kmetijsko zemljišča nismo uvrstili v razred pozidano, saj dejansko ne gre za spremembo.

Očiščenje smo identificirali na maski kmetijskih zemljišč v zaraščanju. Uporabili smo večnivojski algoritem segmentacije digitalnega modela krošenj in sprememb višin. V razred očiščenje smo uvrstili vsa zemljišča v zaraščanju (podatki raba 2013), katerih mediana površine je manjša od 2 m.

Postopek identifikacije *zaraščanja trajnih travnikov* smo izvedli v dveh korakih. Masko trajnih travnikov (na katerih ni bila identificirana nobena od predhodnih sprememb) smo segmentirali z večnivojskim algoritmom segmentacije nDMP. Identificirali smo potencialno zaraščanje, ki je višje od 2 m. V razred zaraščanje smo uvrstili vse spremembe, ki izpolnjujejo minimalni geometrijske kriterije (odstranitev

dolgih in ozkih sprememb ob gozdni meji). Iz maske travnikov smo odstranili identificirane spremembe in sence ter na preostali površini travnika na podlagi sloja heterogenosti ponovno izvedli segmentacijo in klasifikacijo. Rezultat postopka so območja zaraščanja, ki so nižja od 2 m.

3.2.3.2 Analiza neposredne primerjave dveh ali več posnetkov

Optimalna prepoznava sprememb pomeni, da gre za uravnoteženo zaznavo (vseh) različnih sprememb. Ker izhajamo iz primerjave podatkov/posnetkov samih, tj. satelitskih ali letalskih posnetkov, v različnih časovnih obdobjih to nadalje pomeni, da iz neposredne primerjave posnetkov lahko pridobimo območja večjih razlik v podatkih, ne pa tudi podrobnosti o vrsti spremembe (katera raba se je spremenila in kako). Rezultat takega postopka identifikacije sprememb se imenuje tudi kartiranje opozoril za spremembe (change alert mapping) ali kartiranje žarišč sprememb (hot spots mapping). Ker tu identifikacija sprememb pomeni zaznavo le izrazitejših sprememb, ki temeljijo na neposredni razliki med podatki, se v rezultat zapiše tudi nekaj sprememb, ki to v resnici v naravi niso, so pa odraz določenih razlik v podatkih (Veljanovski, 2008).

Možnost uporabe za namen optimizacije postopka vzdrževanja podatkov dejanske rabe

Postopek, ki smo ga testirali, je generičen, to pomeni, da je zasnovan tako, da na delovanje postopka ne vplivajo lastnosti vhodnega vira podatkov (npr. prostorska ločljivost), in parametrov za izvedbo ni treba nastavljanje. Generičen postopek je zanimiv zato, ker ga lahko uporabimo na poljubnem paru vhodnih posnetkov (satelitskih, letalskih) oziroma za poljubno območje, pogoj je le, da gre za primerljiv (sezonsko, radiometrično) par posnetkov/območij in ker za delovanje ne zahteva dodatnih podatkovnih virov. Zanimalo nas je ali lahko ponudi relevantne informacije o območjih sprememb, ki bi lahko olajšale delo operaterjev pri pregledu in obnovi (vzdrževanju) sloja rabe tal.

Postopek smo preizkusili na razpoložljivih podatkih Sentinel-2 (kanali z 10 m ločljivostjo), Pléiades in ortofoto. Postopek na podatkih Sentinel-2 smo ovrednotili v luči zmogljivosti uporabe pri zmanjšanju operativnega dela (pregled DOF, usmerjanje na ciljna območja sprememb). Postopek na podatkih Pléiades in DOF pa v luči delovanja na zelo visoko ločljivih podatkov, prav tako kot potencial pri usmerjanju operativnega dela (potencialnem zmanjševanju operativnega dela).

Vhodni podatki in predobdelava podatkov

Podatke pridobljene iz satelitskih posnetkov pred analizo sprememb praviloma pregledamo in izločimo neuporabne (npr. prevelika pokritost z oblaki). Za potrebe identifikacije sprememb je predobdelava podatkov obsegala:

- izločanje neuporabnih posnetkov,
- glajenje s filtrom sredine na oknu 3x3,
- identifikacija in izločanje saturiranih vrednosti v vseh spektralnih kanalih,
- izbira referenčnega posnetka za analizo sprememb.

Postopek

Postopek neposredne primerjave izvajamo primerjalno na dveh datumih (primerjave izvajamo le v primerljivih vegetacijskih/fenoloških razmerah, sezonah). Postopek je primeren za grobo določitev območij opazovanih sprememb, za potrebe identifikacije kategorij sprememb, ki smo jih opredelili v projektu sprememb (tj. pozidava kmetijskih zemljišč, krčitev vinograda, krčitev gozda itn.), pa smo postopek izvajali na vnaprej pripravljenih maskah, ki analizo usmerjajo na območja določene preučevane kategorije sprememb. Na koncu rezultate po posameznih kategorijah poljubno združimo v skupni vzorec sprememb na danem območju..

Postopek poteka v več korakih, končni rezultat je vektorski sloj večjih razlik (t.i. *hot spot* karta) med posnetkoma:

- radiometrično usklajevanje posnetkov,
- določitev veljavnih pikselov za analizo sprememb (maskiranje, nivojska obravnava),
- izračun podobe razlik (kasnejši – prejšnji posnetek) v grobem in izvornem merilu,

- standardizacija razlik in razmeščanje v velikostne razrede,
- združevanje informacij iz obeh nivojev meril opazovanja,
- izdelava sloja razlik po prilagodljivem kriteriju za velikostne razrede razlik ter upoštevanje (uteževanje) informacij iz spektralnih kanalov.

V prvem koraku smo na podlagi podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (2013) izdelali masko posnetka na katerem smo izvajali identifikacijo sprememb. Masko objekta smo na podlagi podatkov rabe (2013) uvrstili v posamezne kategorije sprememb na dani rabi, in sicer za gozd, kmetijska zemljišča, travnike, sadovnjake ter vinograde. Identifikacijo sprememb smo torej izvajali ločeno po navedenih kategorijah in zaporedoma, v vsaki podfazi smo identificirali območja intenzivnejših sprememb. Spremembe smo opredeljevali v vseh spektralnih kanalih, v končni vzorec sprememb pa so se uvrstila območja, kjer sta bodisi dva od treh (ortofoto) bodisi trije od štirih vhodnih (satelitski posnetki) spektralnih kanalov potrdili spremembo. Kategorizacija vrste spremembe ni del generičnega postopka in se ni izvajala, mogoča je ob vizualni presoji.

3.2.3.3 Analiza časovnih vrst

Ker sateliti za opazovanje Zemlje zajemajo podobe z visoko časovno ločljivostjo in posledično omogočajo velike zbirke podatkov, je smiselno razvoj zemeljskega površja preučevati v daljšem časovnem obdobju, upoštevaje veliko število posnetkov. Pregled časovnih vrst omogoča, da z njimi analiziramo zgodovinsko in trenutno dinamiko na zemeljski površini.

V primeru obravnave sprememb posamezne vrste rabe ali posamezne parcele/poligona se zdi smiselno uporabiti analizo časovne vrste. Pri analizi časovne vrste gre za obravnavo gostega časovnega zaporedja podatkov/posnetkov ter statistične obravnave t.i. razvojnih (časovnih) krivulj. Izvajamo jo lahko na ravni piksla ali poljubnega območja. Prednost obravnave časovnih vrst je večstranska. Predvsem omogoča in podpre kontekstualno vrednotenje »dogajanja« na opazovani parceli in na tej osnovi sklepanja o kmetijskih aktivnostih, ne-aktivnostih, na podlagi statističnih kazalnikov bio-fizikalnih lastnosti površja. Za ilustracijo: vzdrževanje trajnih travnikov predvideva vsaj eno košnjo, če do košnje ne pride, bo razvojna krivulja vegetacijskega indeksa imela značilno sprva naraščajočo nato upadajočo rastno krivuljo, če pa se vmes zgodi košnja, bo takšna rastna krivulja pokazala znaten padec, nato pa ponovno naraščanje. Najprej je treba določiti karakteristične krivulje opazovanih pojavov in njihovih sprememb, nato pa določiti še mehanizme za prepoznavo odstopanj, ki v obravnavanem »sistemu« od normalnega/pričakovanega razvoja odklonsko odstopajo.

Možnost uporabe za namen optimizacije postopka vzdrževanja podatkov dejanske rabe

V projektu smo časovne vrste uporabili za razvoj, testiranje in vrednotenje postopka identifikacije sprememb za namen ugotavljanja sprememb na travnikih in njivah: neupravičena raba trajnega travnika in sprememba travnika v njivo ter sprememba njive v travnik.

Vhodni podatki in predobdelava podatkov

Za analizo časovnih vrst smo uporabili posnetke Sentinel-2A in Sentinel-2B, ki so bili za obravnavano študijsko območje na voljo v rastni sezoni 2016 in 2017, upoštevamo pa tudi nekaj posnetkov v letu 2015, ko je postal satelit Sentinel-2A operativen. Zaradi visokih meril po prepoznavanju detajlov (območja velikosti 100 m²), smo v analizo vključili zgolj štiri spektralne kanale, tiste, ki imajo ločljivost 10 m (infrardeči, rdeči, zelen in moder). Na vseh posnetkih Sentinel-2 smo opravili atmosfersko korekcijo s procesno verigo STORM ter izračunali normalizirani vegetacijski indeks NDVI ter podatke obrezali na tri testna območja. Časovno vrsto posnetkov za vsako testno območje smo pregledali po statističnih kazalcih kakovosti in vizualno ter jo prečistili (izločili smo neuporabne posnetke in vse tiste, ki so bili prekomerno obremenjeni z oblaki ali drugim šumom). Končni nabor obdelanih posnetkov, ki niso vsebovali oblakov ali šuma, smo zložili v zaporedje in ustrezno uredili.

Ker imajo podatki Sentinel-2 prostorsko ločljivost bistveno manjšo od ortofotov, smo pripravili tudi masko travnikov in njiv, kjer smo upoštevali le poligone večjih površin. Analizo s časovnimi vrstami smo izvedli ločeno za travnike in njive na podlagi pripravljenih mask poligonov travnikov in njiv.

Postopek

Določanje sprememb z analizo časovnih vrst smo v pričujočem projektu izvedli na prosto dostopnih optičnih satelitskih posnetkih Sentinel-2, iz katerih smo karakterizirali zastavljene spremembe v določenem časovnem obdobju na podlagi enega ali več kazalcev (bodisi na bazi maksimuma vegetacijskih indeksov, iz naklona linearnih trendov vzdolž časovne vrste, na podlagi mejne vrednosti, ki so pokazatelj očitnih sprememb itd.). To smo opravili s pomočjo izbranega algoritma BFAST (*ang. Breaks for Additive Seasonal and Trend*), s katerim smo iterativno ocenili čas in število nenadnih sprememb v časovni vrsti ter označili spremembo po velikosti in tipu spremembe na izbranem geografskem območju. Omenjeni pristop je prilagodljiv, saj obravnava manjkajoče satelitske posnetke v seriji brez interpolacije, čeprav pa časovne analize niso možne, če je razpoložljivo število satelitskih podob za opazovano območje premajhno. Rezultat zaznavanja sprememb s časovnimi vrstami je torej dinamika določenih sprememb na izbrani rabi tal. Iz značilnosti dinamike smo z dodatno (kontrolno) vpeljavo analize časovnih grafov NDVI interpretirali značilne dejavnosti na parceli ter se opredeliti ali so bile skladne s pričakovanimi dejavnostmi (človekovi posegi in dejavnosti, naravni procesi in odkloni) za izbrano rabo tal ali ne.

Osnovni princip delovanja tehnik časovnih vrst je, da preučujemo zloženko vseh dostopnih satelitskih posnetkov, oziroma njihovih produktov (NDVI) skozi čas. Uporabljena tehnika časovnih vrst za potrebe preučevanja travnikov in njiv v našem primeru deluje na pikslih in je primerna predvsem za opazovanje sezonskih fenoloških sprememb. Metoda deluje tako, da računa trend na zgodovinskih časovnih vrstah in opazuje odstopanje od trenda na vrednostih posnetkov v času opazovanja. Zgodovinsko obdobje je v našem primeru začetek dostopnih podatkov Sentinel-2 (Sentinel-2A je postal operativen konec junija 2015) do konca leta 2016, leto 2017 pa je obravnavano obdobje opazovanja (julija tega leta se pridružijo posnetki Sentinela-2B). Prednosti analiziranja kmetijskih površin s časovnimi vrstami so, da z njimi lahko zaznamo dinamične (kratkorodne in dolgoročne) procese, prav tako pa tudi magnitudo oziroma velikost teh sprememb. Rezultati časovnih vrst so lahko prikazani na posameznem pikslu (točkovno) v obliki časovnih grafov ali rastrsko (površinsko), kar pomeni, da dobimo relativno hitro jasen vizualni vpogled v morebitne spremembe na celotnem obravnavanem območju.

Za razliko od časovnih vrst metoda časovnih grafov temelji na obravnavi časovne krivulje posameznega poligona, ki je osnovna enota opazovanja. Za posamezen poligon za vsak čas posnetka izračunamo srednjo vrednost in standardni odklon vrednosti pikslov v poligonu. Časovni grafi omogočajo vpogled v rastni cikel trajnega travnika ali njive v rastni sezoni in tako učinkovito prepoznavanje morebitnih nepravilnosti. Ta pristop dopolnjuje analize posnetkov s časovnimi vrstami ter služi kot dodatna kontrola.

3.2.4 Rezultati samodejne identifikacije sprememb

Rezultata samodejne identifikacije sprememb sta:

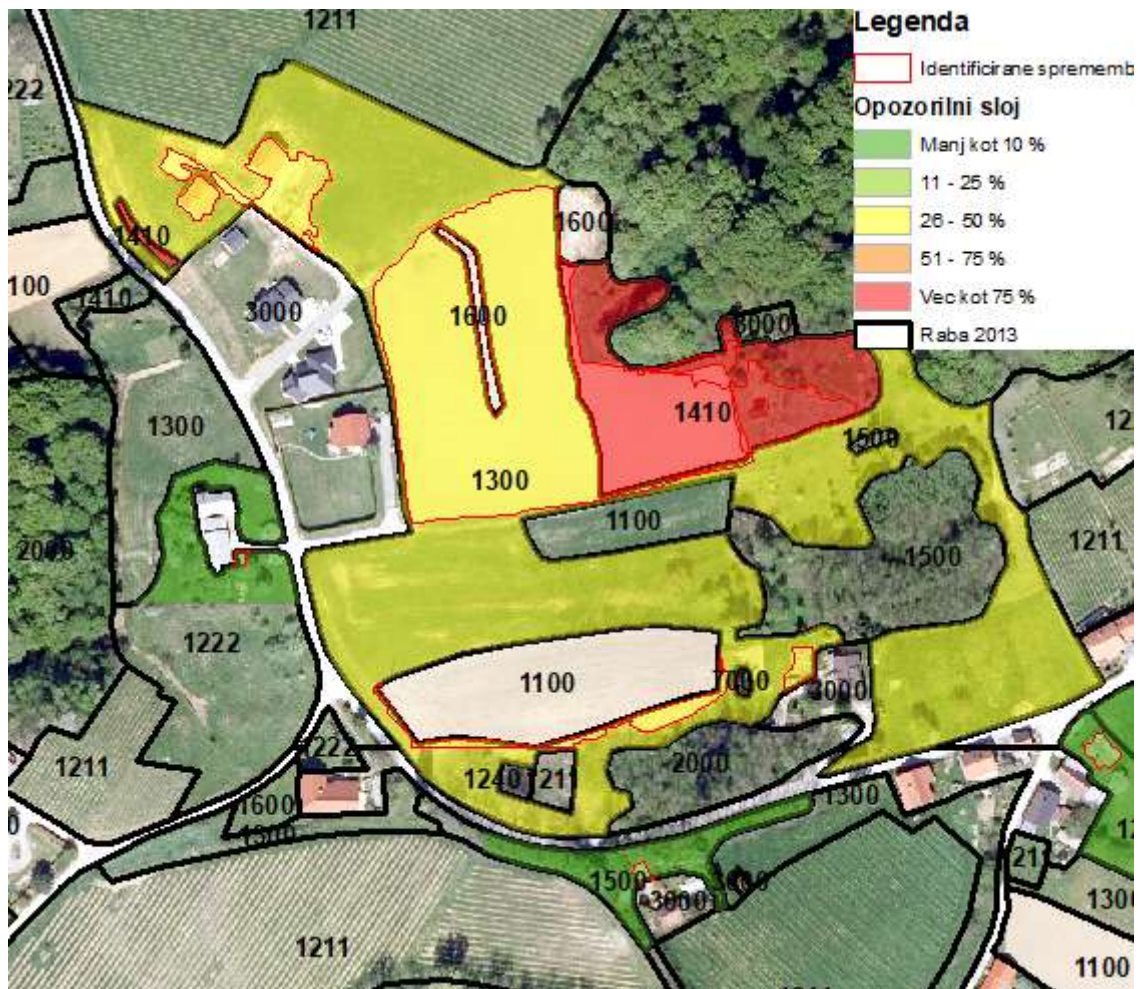
- sloj identificiranih sprememb dejanske rabe ter
- opozorilni sloj.

Sloj identificiranih sprememb dejanske rabe je neposreden rezultat samodejne identifikacije sprememb (glej 3.2.3) in vsebuje grafična območja sprememb s pripadajočimi opisnimi podatki (Slika 16). Namenjen je operaterju kot informacija o tipu, lokaciji in obsegu identificirane spremembe.



Slika 16: Primer sloja identificiranih sprememb dejanske rabe. Na levi sliki identificirana pozidana kmetijska zemljišča, na levi sliki primer identificiranega očiščenja kmetijskega zemljišča v zaraščanju.

Opozorilni sloj je sloj poligonov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, na katerih je identificirana sprememba rabe (Slika 17). Sloj je namenjen operaterju za usmerjanje postopka vzdrževanja rabe le na poligone rabe, na katerih je dejansko prišlo do spremembe v naravi. Glej tudi 5.2.



Slika 17: Primer opozorilnega sloja.

Rezultati samodejne identifikacije so zapisani v SHP formatu v državnem koordinatnem sistem. Nabor opisnih podatkov je podan v Tabela 11 in

Tabela 12.

Tabela 11: Opisni podatki sloja identificiranih spremembe dejanske rabe.

Polje	Opis
$\Delta nDMP^*$	Sprememba višine v zaporednih snemanjih.
$nDMP^*$	Povprečna višina nad terenom
Površina	Površina identificirane spremembe [m ²]
Tip spremembe	Šifrant
Opis spremembe	1 - krčitev gozda 2 - krčitev vinogradov ali sadovnjakov 3 - sprememba travnika v njivo 4 - sprememba kmetijskega zemljišča v pozidano 5 - očiščenje kmetijskega zemljišča v zaraščanju

	6 - zaraščanje na trajnih travnikih
--	-------------------------------------

* Podatek je dan le za rezultate analiz, ki temeljijo na uporabi višinskih podatkov.

Tabela 12: Opisni podatki opozorilnega sloja.

Polje	Opis
RABA_PID	Enolični identifikator poligona dejanske rabe
RABA_ID	Podrobna vrsta dejanske rabe
Površina	Površina poligona dejanske rabe [m ²]
Relativni delež spremembe	Delež površine identificiranih sprememb na poligonu [%]

Struktura in format rezultatov testiranj (glej 4.3) sta podani v obliki, ki je opisana v tem poglavju.

3.2.5 Vrednotenje rezultatov

Vrednotenje rezultatov temelji na kombinaciji:

- vizualne ocene kakovosti rezultatov,
- oceni pravilnosti in popolnosti na podlagi referenčnega sloja podatkov in fotointerpretacije,

Z vizualno oceno je podana splošna ocena kakovosti rezultatov, s katero smo identificirali pogostost lažno identificiranih sprememb ter neidentificiranih sprememb. Identificirane so sistematične napake lažne identifikacije in nepopolnosti identifikacije sprememb. Rezultat vizualne ocene je podan pisno.

Pravilnost in popolnost rezultatov samodejne identifikacije sprememb je ocenjena na podlagi referenčnega sloja podatkov. Na podlagi primerjave identificiranih in referenčnih sprememb smo določili pravilnost rezultatov (število pravilno klasificiranih sprememb glede na število vseh klasificiranih sprememb) ter popolnost (število pravilno klasificiranih sprememb glede na dejansko število sprememb). Visoka pravilnost pomeni nizek delež lažno klasificiranih sprememb, visoka popolnost pa na visoko stopnjo identifikacije dejanskih sprememb,

Kriterij uspešnosti postopkov samodejne identifikacije je, da rezultati dosegajo minimum uporabne vrednosti identifikacije sprememb. Za uspešnost pristopa je pomembna predvsem cenilka popolnost (Champion in sod., 2010), saj to pomeni, da so s samodejnimi postopki identificirane vse spremembe v naravi, operater pa ne pregleduje celotnega posnetka, temveč le identificirane spremembe. Mayer in sod. (2006) ter Rottensteiner in sod. (2014) kot kriterij za minimalno uporabnost rezultatov klasifikacije navajajo popolnost, višjo od 70 %. Medtem, ko se pravilnost nanaša na stopnjo lažno klasificiranih sprememb, ki predstavljajo dodatno delo za operaterja, saj bo moral pregledati tudi identificirane spremembe, ki dejansko niso spremembe.

V okviru projekta so bili testirani trije različni pristopi (analiza klasificiranih posnetkov, analiza časovnih vrst in analiza neposredne primerjave), ki uporabljajo različne nize vhodnih podatkov. Ključni problem, ki onemogoča uporabo enotnega referenčnega sloja za vrednotenje rezultatov vseh treh pristopov, je časovna neuskkljenost vhodnih podatkov. Časovna neuskkljenost vhodnih podatkov pomeni tudi časovno neuskkljenost rezultatov posameznih metod in zato so rezultati med posameznimi metodami neprimerljivi.

Na podlagi zadnjega stanja datuma vhodnih podatkov (datum dejanskega stanja v naravi) smo izbrali najbolj časovno usklajen referenčni sloj, primeren za vrednotenje rezultatov. Datum vhodnih podatkov (najbolj ažurno stanje) glede na uporabljeno metodo in optimalni referenčni sloj je podan v

Tabela 13.

Tabela 13: Datum vhodnih podatkov in referenčni sloji za vrednotenje posamezne metode.

Pristop	Vrsta in datum vira podatkov o dejanskem (zadnjem) stanju v naravi	Referenčni sloj
Analiza klasificiranih posnetkov	Podatki CAS (april 2016)	Referenčni sloj sprememb, ki temelji na dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč (stanje po obnovi 2016)
Analiza neposredne primerjave	Pléiades (junij, julij 2016) Sentinel-2	Vizualna kontrola
Analiza časovnih vrst	Sentinel-2 (2017)	Podatki izvedenih kontrol na terenu 2017 (Vir: ARSKTRP)

Analiza klasificiranih posnetkov temelji na podatkih CAS. Rezultati, identificirane spremembe predstavljajo spremembe na datum zadnjega snemanja CAS na obravnavanem območju (2016). Kot referenčni sloj za vrednotenje rezultatov smo uporabili podatke dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, ki so določeni na istih podatkovnih virih (ortofoto 2016). Podroben opis referenčnega sloja je podan v 4.1.1. Ocena pravilnosti in popolnosti je dana na podlagi fotointerpretacije ortofota ter referenčnega sloja podatkov.

Analiza neposredne primerjave temelji na podatkih različnih virov: Sentinel-2, Pléiades, ortofoto in infrardeči ortofoto. Za obravnavane časovne primerjave referenčni sloj, ki smo ga pripravili v projektu, ni primeren, saj se nanaša na obdobje 2013-2016. Ocena kakovosti postopka temelji na vizualni interpretaciji vhodnih podatkovnih slojev ter oceni vzorca sprememb. Popolnost identificiranih sprememb je ocenjena vzorčno za en primer, in sicer na podatkih Pléiades.2014-2016. Ocenjujemo, da generični postopek daje podobno natančne rezultate ne glede na vhodni vir podatkov (ortofoto, satelitski posnetki).

Analiza časovnih vrst temelji na seriji podatkov Sentinel-2, ki obsega posnetke od leta 2005 do jeseni 2017. Identificirane spremembe se tako nanašajo na spremembe, ki so se lahko zgodila kadarkoli v tem obdobju. Iz vidika časovne usklajenosti referenčnega sloja, se je uporaba referenčnega sloja sprememb (2016) izkazala kot popolnoma neprimerna. Zato smo za vrednotenje uporabili podatke izvedenih kontrol v letu 2017 na obravnavanem območju (Vir: ARSKTRP). Pravilnost je bila določena na podlagi kontrolnih časovnih grafov NDVI, fotointerpretacije in uporabe podatkov kontrol. Popolnost identificiranih sprememb ni ocenjena zaradi pomanjkanja podatkov.

4 TESTIRANJE PREDLAGANIH ALTERNATIVNIH VIROV PODATKOV IN SAMODEJNE IDENTIFIKACIJE SPREMEMB DEJANSKE RABE ZA POTREBE VZDRŽEVANJA

4.1 Izbira študijskega območja, zbiranje in predobdelava podatkov

Cilj aktivnosti je priprava podatkov za identifikacijo sprememb dejanske rabe na podlagi alternativnih virov podatkov z obstoječo metodo vzdrževanja in predlagano samodejno identifikacijo.

Izbrali smo študijsko območje, ki ga sestavljajo območja treh listov TTN5 v severovzhodni Sloveniji. Za študijsko območje smo pridobili vse predlagane alternativne podatke in jih predobdelali po postopku, ki je določen v metodologiji (3.2.2).

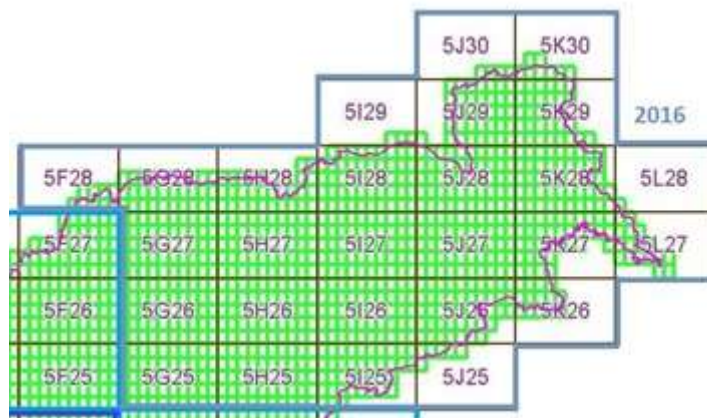
V nadaljevanju je podan opis rezultatov aktivnosti – izbira študijskega območja ter pridobitev in predobdelava vhodnih podatkov.

4.1.1 Izbira študijskega območja

Študijsko območje za testiranje predlaganih alternativnih podatkov in predloga samodejne identifikacije sprememb dejanske rabe je bilo izbrano glede na naslednje pogoje:

- na študijskem območju so prisotni vsi klasifikacijski razredi sprememb,
- objekti, ki pripadajo posameznim klasifikacijskim razredom so raznolikih lastnosti (npr. geometričnih, časovnih, spektralnih),
- za izbrano območje so na voljo vsi predlagani viri podatkov.

Poleg naštetih pogojev smo upoštevali tudi leto obnove podatkov evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč in študijsko območje določili na severovzhodnem delu Slovenije. Gre za območje obnove evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v letu 2016 (Slika 18).



Slika 18: Območje obnove evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v letu 2016.

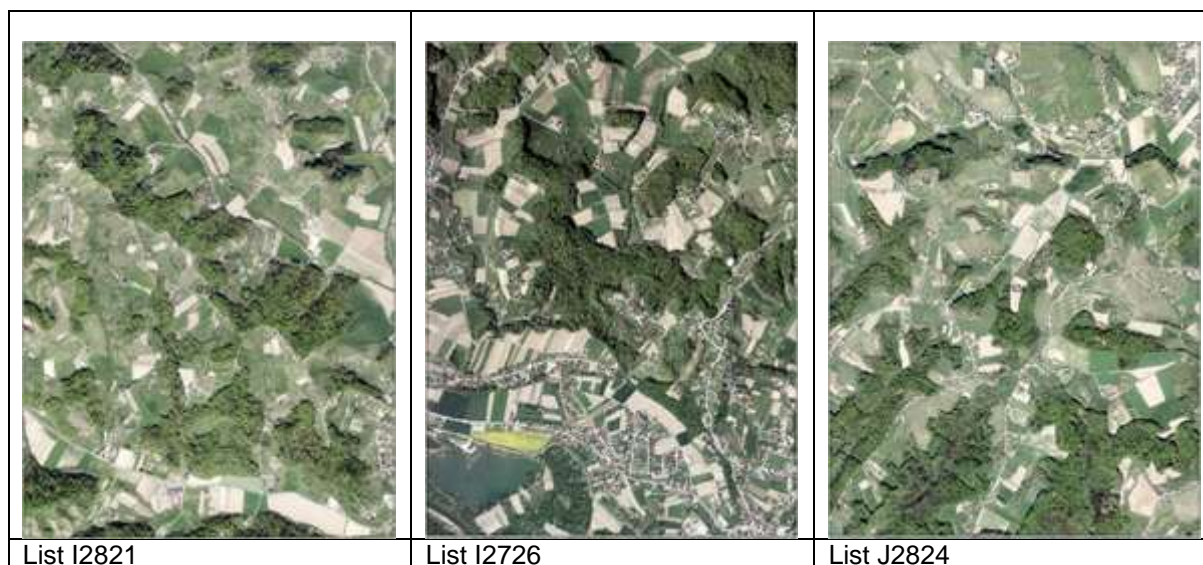
Izmed 900 listov TTN, za katere so bili v letu 2016 posodobljeni podatki v evidenci kmetijskih in gozdnih zemljišč smo določili tri testne liste: I2821, I2726 in J2824. Testni listi so izbrani tako, da predstavljajo čim bolj reprezentativni vzorec dejanske rabe kmetijskih zemljišč tako po vsebini kot tudi po zahtevnosti postopka vzdrževanja.



Slika 19: Izbrano študijsko območje.

Vsi testni listi so iz gričevnatega, ruralnega območja. Namenoma smo se izognili večjim urbanim površinam (npr. okolica Maribora, Murske Sobotne, Ptuja), pretežno gozdnim predelom (Pohorje) in površinam intenzivnega kmetovanja (veliki urejeni kompleksi njiv v Prekmurju). Zaradi naštetih izločilnih kriterijev imajo vsi trije testni listi nadpovprečno število poligonov na list in so zahtevnejši v smislu interpretacije dejanske rabe.

Na izbranih listih prevladujejo kmetijska zemljišča, ki so večinoma urejena v travnike, pašnike, njive ter vinograde in sadovnjake. Največji delež vinogradov je na testnem listu J2824 (Slika 20). Na testnih listih so pozidane površine različnih karakteristik. Največ pozidanih površin je na listu I2726, ki na južnem delu obsega večje naselje enodružinskih hiš. Najmanjši delež pozidanih površin izmed vseh treh listov, je na listu I2821, kjer pozidane površine predstavljajo pretežno območja posameznih kmetijskih gospodarstev.



Slika 20: Študijsko območje, pregled obravnavanih podobmočij na ortofotu.

Iz podatkov v Tabela 14 je za posamezen list razvidno število poligonov. Na območju obnove 2016 imajo listi v povprečju 553 poligonov. Poligoni rabe so geometrijski liki strnjenegega območja ene vrste

dejanske rabe, omejeni z daljicami. Vsak poligon ima pripete attribute, ki nosijo informacije o šifri rabe, površini, datumu zajema, opombe, itd. Za vsak list imamo na voljo podatek o številu ur, ki so bile potrebne za njegovo obnovo in sicer posebej za zajem in kontrolo.

Tabela 14: Podatki iz projekta obnove evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v letu 2016.

Testni list	Št. poligonov pred obnovo	Št. Ur obnove (zajem)	Št. Poligonov po obnovi	Datum obnove zajema	Št. Ur kontrole	Št. poligonov po kontroli	Datum kontrole
I2821	835	13 h	897	28.10.2016	10 h	896	20.11.2016
I2726	1070	15 h	942	5.9.2016	13 h	951	7.10.2016
J2824	926	16 h	941	12.10.2016	14 h	928	21.11.2016

4.1.2 Zbiranje in predobdelava podatkov

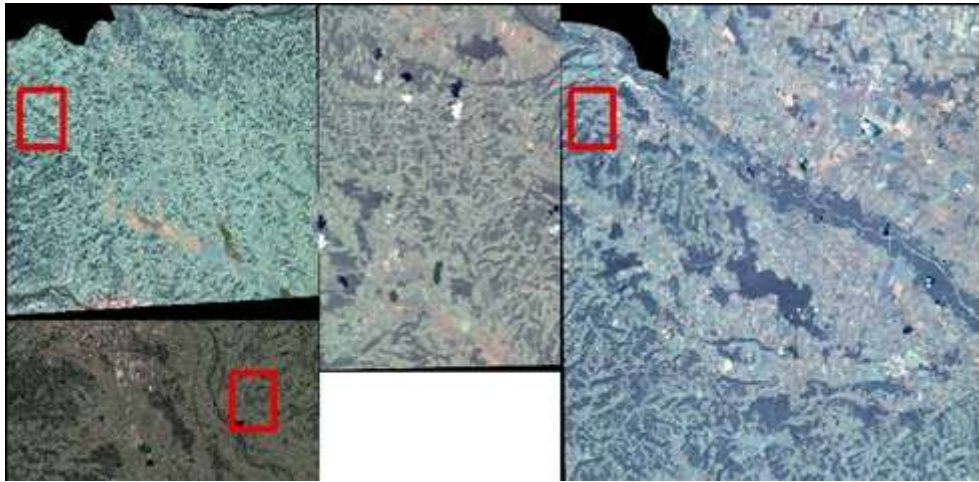
4.1.2.1 Satelitski posnetki Pléiades

Trenutno razpoložljivi **visokoločljivi satelitski posnetki Pléiades** prekrivajo okoli 85% območja Slovenije. Podatki so prosto dostopni, vendar uporabniki nimamo vpliva na izbor tehničnih specifikacij snemanja (kot snemanja, datum snemanja), niti na ponovljivost snemanja iste lokacije. Posnetki Pléiades vsebujejo štiri spektralne kanale (moder, rdeč, zelen, infra rdeč) v 2 m prostorski ločljivosti ter pankromatski kanal v 0,5 m ločljivosti. Vsako območje je predvidoma posneto enkrat v obdobju 2014-2016, v razmerah brez oblakov, lahko pa večkrat, vendar v tem primeru kot snemanja ni nujno enak. Slaba stran je, da je v več primerih kot snemanja bistveno odklonjen od vertikale, zato so objekti z višino (stavbe, drevesa) na različnih posnetkih upodobljeni za različno prostorsko geometrijo (lega, smer in velikost sence). Slednje je problem za avtomatske postopke neposredne primerjave posnetkov.

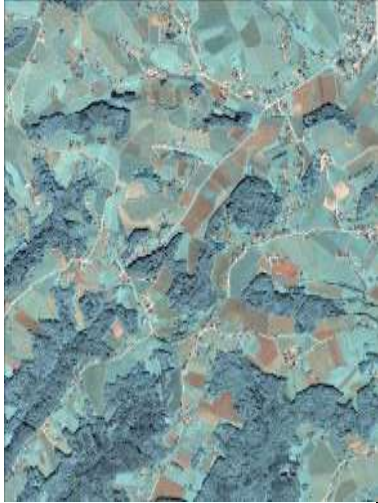


Za izbrana testna območja razpolagamo s šestimi posnetki Pléiades, in sicer z naslednjo prostorsko in časovno pokritostjo (Tabela 15).

Tabela 15: Pregled in časovno sovpadanje razpoložljivih visokoločljivih alternativnih virov in snemanj DOF.

Območje	Datum Pléiades	List DOF	Datum DOF
Gornja Radgona	2014-06-26	J2824	2010-07-11, 2013-06-17, 2014-05-21, 2016-04-16
Gornja Radgona	2014-08-07	J2824	2010-07-11, 2013-06-17, 2014-05-21, 2016-04-16
Gornja Radgona	2016-06-21	J2824	2010-07-11, 2013-06-17, 2014-05-21, 2016-04-16
Gornja Radgona	2016-07-30	J2824	2010-07-11, 2013-06-17, 2014-05-21, 2016-04-16
Maribor	2014-08-28	I2726	2010-07-11, 2013-06-17, 2014-05-21, 2016-04-16
Pesnica	2014-08-28	I2821	2010-07-11, 2013-06-17, 2014-05-21, 2016-04-16



Slika 21: Izsek iz nabora posnetkov Pléiades in izbrana testna območja.

Pléiades	DOF 2016	Sentinel-2A
		
2016-06-21	2016-04-16	2016-06-22

Slika 22: Primerjava podatkov Pléiades in Sentinel-2 glede na izsek DOF J2824 (J1024).

Podatke pridobljene iz satelitskih posnetkov pred analizo sprememb praviloma pregledamo in izločimo neuporabne (npr. prevelika pokritost z oblaki). Za potrebe identifikacije sprememb je predobdelava podatkov obsegala:

- izločanje neuporabnih posnetkov,
- glajenje s filtrom sredine na oknu 3x3,
- identifikacija in izločanje saturiranih vrednosti v vseh spektralnih kanalih,
- izbira referenčnega posnetka za analizo sprememb,
- radiometrično prilagajanje posnetkov za primerjave z linerano regresijo.

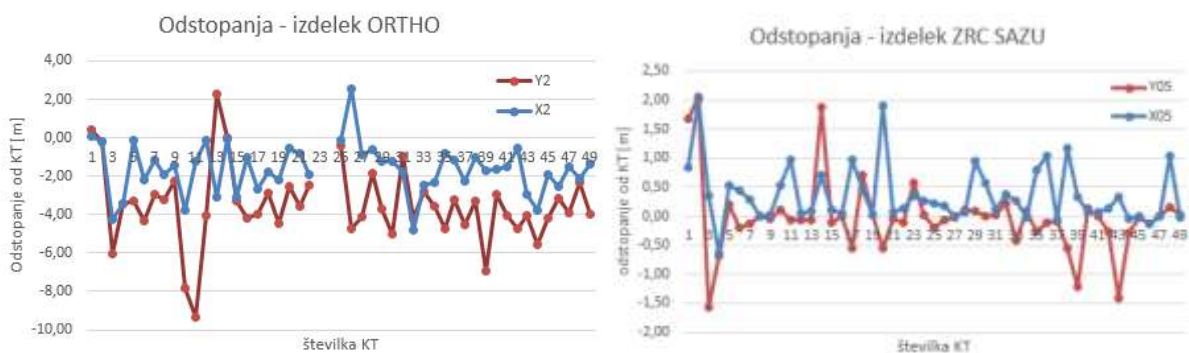
Položajna točnost satelitskih posnetkov Pléiades za list I2821

Satelitske posnetke Pléiades lahko pridobimo tudi že ortorektificirane, gre za izdelke Pléiades 1A ORTHO. Ta izdelek je ortorektificiran na osnovi svetovnega DMR, torej brez uporabe talnih oslonilnih točk (GCP – ground control points). Ta postopek omogoča ortorektifikacijo z absolutno horizontalno točnostjo 3 m (CE 90) (ASTRUM, 2012, Pléiades, 2017). Na območjih, kjer je naklon večji od 30 % je

točnost slabša. Izdelek Pléiades 1A ORTHO še ni slikovno izostren, zato je shranjen v velikosti slikovnega elementa 2 m×2 m.

ZRC SAZU je v tem projektu uporabljene posnetke Pléiades 1A z lastnim postopkom ortorektifikacije (Marsetič et al, 2015; Pehani et al, 2016) podpikselsko ortorektificiral ter jih dodatno še slikovno izostril na velikost slikovnega elementa 0,5 m × 0,5 m. Pri tem uporabljamo državni model višin, oslonilne točke pa računamo na podlagi slikovne prepoznave značilnih točk.

S pomočjo ortofota CAS v ločljivosti 0,25 m × 0,25 m smo izvedli kontrolo obeh izdelkov: izdelek ORTHO in ortorektificiran izdelek ZRC SAZU. Kontrolne točke smo izbirali na tleh, večinoma kot presečišče dveh v naravi lahko razpoznanih črt (npr. presečišče centralnih linij dveh cest), zato da smo te točke lahko identificirali tudi v slikovnem elementu 2 m × 2 m. Na celotnem listu ene karte razdelitve na TTN5 smo določili 49 kontrolnih točk, od katerih na izdelku Pléiades 1A ORTHO le dveh nismo mogli identificirati.



Slika 23: Primerjava odstopanj Pléiades od kontrolnih točk za izdelek ORTHO (levo) in za slikovno izostren in ortorektificiran izdelek ZRC SAZU (desno).

Tabela 16: Povprečne vrednosti, RMSE ločeno po oseh X in Y ter glede na razdaljo v prostoru d.

	Izdelek ZRC SAZU (ločljivost 0,5 × 0,5 m)			Izdelek ORTHO (ločljivost 2 × 2 m)		
	X05 [m]	Y05 [m]	d05 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	d2 [m]
Povprečje absolutnih vrednosti	0,41	0,36	0,60	1,67	3,47	3,95
RMSE	0,62	0,63	0,88	2,08	4,03	4,53

Slika 24 prikazuje odstopanja ločeno po oseh in X in Y. Na primeru izdelka ORTHO vidimo predvsem v smeri osi Y, da so skoraj vsa odstopanja sistematično negativna in imajo srednjo vrednost okoli -4 m. Po osi X to ni tako očitno. Z odstranitvijo sistematičnega pomika po osi Y bi tudi odstopanja med kontrolnimi točkami izmerjenimi na ortofotu in na izdelku ORTHO lahko zmanjšali in bi tudi po Y osi izdelek ustrezal opredeljeni natančnosti iz literature (absolutno horizontalno točnostjo 3 m glede na (ASTRUM, 2012, Pléiades, 2017), česar sedaj ne izpolnjuje (Tabela 16).

Odstopanja na ortorektificiranem izdelku ZRC SAZU (Tabela 16) so znotraj pričakovanih odstopanj primerjave ortofota z velikostjo slikovnega elementa 0,25 m × 0,25 m in izdelka z velikostjo slikovnega elementa 0,5 m × 0,5 m. Zato je za potrebe pravilne vektorizacije sprememb v prostoru vsekakor bolje uporabiti ortorektificiran izdelek ZRC SAZU.

4.1.2.2 Satelitski posnetki Sentinel-2A in Sentinel-2B

Optični satelitski posnetki Sentinel-2A in Sentinel-2B, ki jih uporabljamo v študiji, so razpoložljivi v zaporedju na 10 dni od začetka leta 2016. Zaradi narave projekta v študiji uporabljamo le podatke iz spektralnih kanalov, ki so v izvorni 10 m ločljivosti, saj je stopnja podrobnosti identifikacije sprememb zelo visoka. To pomeni, da imamo za posamezno testno območje okoli 70 posnetkov na leto. Seveda vsi niso uporabni, saj v analizi sprememb proučujemo fenološko aktivno obdobje, poleg tega pa izločujemo tudi posnetke z oblaki. Za vsa tri testna območja smo upoštevali skupno 141 posnetkov od katerih jih je bilo uporabnih le 128, ostale smo izločili zaradi oblačnosti (podrobno so uporabljeni satelitski posnetki predstavljeni v poglavju 2.31.)

Naročanje arhivskih satelitskih posnetkov Sentinel-2A in Sentinel-2B

Podatki družine Sentinel (-1, -2 in -2) so dostopni v **Copernicusovih Hub** storitvah. Spletni pregledovalnik **Open Hub** omogoča kartografski pregled ter iskanje podatkov po lokacijah, inštrumentih, datumih, oblačnosti in različnih parametrih. **API Hub** omogoča avtomatizacijo množičnega paketnega prenosa iz ukazovalnih terminalov in lahko se ga tudi vključi v lastna programska orodja (npr. Semi-Automatic Classification Plugin). **S-3 PreOps Hub** je še vedno v razvoju ter omogoča pregled Sentinel-3 L1 in L2 podatkov.

Poleg uradnih Copernicusovih storitev, Sentinel-1 in Sentinel-2 podatke posreduje še **Amazon S3**. Pregled podatkov ponujajo še različni posredniki, med katerimi je tudi **EO Browser** (slovensko podjetje Sinergise). Podatki so dostopni v različnih oblikah, od surovih rastrskih do omrežnih storitev (npr. WMS storitve, ki jih ponuja **Sentinel Hub**, Sinergise).

4.1.2.3 Pridobivanje ostalih podatkov

Za izbrano študijsko območje treh listov TTN 5 so bili zbrani in predobdelani vsi predlagani viri podatkov po postopku, ki je opisan v 3.2.2:

- ortofoto in IR ortofoto, izdelka CAS,
- digitalni model površja, izdelek CAS
- digitalni model površja, izdelan na podlagi aeroposnetkov CAS,
- digitalni model reliefa, izdelek laserskega skeniranja Slovenije,
- optični satelitski posnetek Sentinel-2,
- visokoločljivostni optični satelitski posnetek (Pléiades, WV, GeoEye).

Poleg podatkov daljinskega zaznavanja so bili pridobljeni tudi naslednji vektorski podatki:

- dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč (stanje 2010, 2013, 2016),
- gozdna maska,
- prostorske enote GERK,
- podatki o obnovi vinogradov.

4.2 Identifikacija sprememb dejanske rabe na podlagi alternativnih podatkov z metodo fotointerpretacije

Cilj aktivnosti je testiranje ustreznosti predlaganih alternativnih podatkovnih virov za identifikacijo sprememb z metodo fotointerpretacije.

Na izbranem študijskem območju (glej 4.1.1) smo z metodo fotointerpretacije identificirali spremembe dejanske rabe. Rezultat identifikacije sprememb je referenčni sloj podatkov, ki se je uporabil za

vrednotenje rezultatov identifikacije sprememb s predlagano samodejno identifikacijo sprememb. Izdelava referenčnega sloja in rezultat je podrobneje opisan v 4.2.1.

V naslednji fazi smo testirali uporabnost predlaganih alternativnih virov podatkov za obnovo podatkov rabe. Test je vključeval obnovo podatkov dejanske rabe (evidentirano stanje 2013) na podlagi predlaganih alternativnih virov podatkov:

- satelitski posnetek Pléiades,
- IR ortofoto in
- normalizirani digitalni model površja.

Obnovo rabe smo izvedli po veljavnem interpretacijskem ključu (MKGP, 2013). Poleg uporabnosti alternativnih virov podatkov smo testirali tudi uporabnost satelitskega posnetka Pléiades za reševanje neskladij rabe prostora (v nadaljevanju NRP). Rezultati (4.2.2) so:

- novo stanje dejanske rabe na datum alternativnih virov podatkov ter
- rešitve NRP.

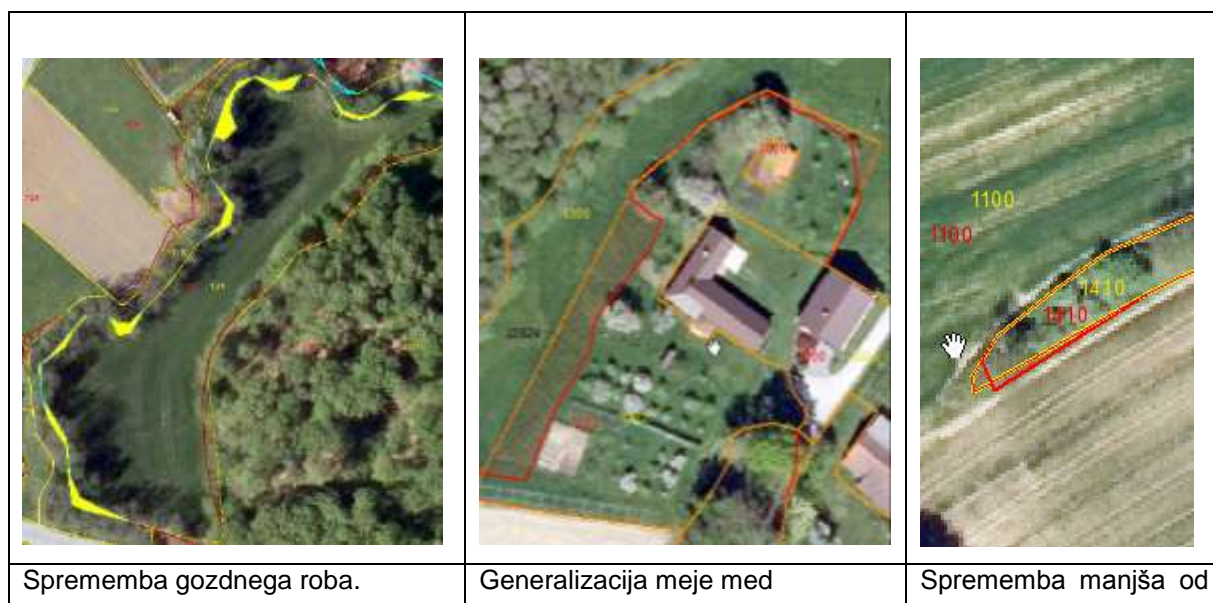
Obnova rabe, rešitve NRP ter uporabnost posameznih alternativnih podatkov je podrobneje opisana v 4.2.3.

4.2.1 Referenčni sloj sprememb dejanske rabe

Na izbranem študijskem območju (rezultat 4.1.1) smo izdelali referenčni sloj podatkov, ki vsebuje spremembe dejanske rabe med leti 2013 in 2016. Ker je raba 2016 določena na podlagi ortofotov (CAS 2016), se tako pridobljeni referenčni sloj lahko uporablja le za vrednotenje rezultatov samodejne identifikacije sprememb na podlagi podatkovnih virov z datumom snemanja 2016. Iz predlaganega nabora alternativnih virov podatkov so to vsi izdelki CAS 2016 (ortofoto, IR ortofoto ter digitalni model površja).

Metoda dela

Na podlagi podatkov rabe 2013 in 2016 smo izdelali prvi približek referenčnega sloja sprememb, ki vsebuje poligone s spremembo rabe med leti 2013 in 2016. Pri analizi izdelanega sloja sprememb so bili iz nadaljnje obdelave izločeni vsi poligoni sprememb, ki so posledica urejanja mej gozdnega roba, mejic, sadovnjakov ter minimalnih premikov (površine spremenjene za manj kot 25 m²) in generalizacije (5 % zmanjšanje števila poligonov po obnovi evidence dejanske rabe v letu 2016 glede na leto 2013). V naštetih primerih ne gre za dejanske spremembe rab v naravi, ki so predmet tega projekta (Slika 24). Te poligone smo izločili iz referenčnega sloja podatkov.



	sadovnjakom in travnikom	25 m ² .
--	--------------------------	---------------------

Slika 24: Primeri sprememb v vektorskem sloju, ki so posledica urejanja meje oz. generalizacije. V naravi se raba ni spremenila in tovrstne spremembe niso predmet tega projekta.

Za potrebe vrednotenja rezultatov samodejne identifikacije sprememb smo vsak poligon spremembe uvrstili v enega izmed klasifikacijskih razredov sprememb oziroma v razred druge spremembe:

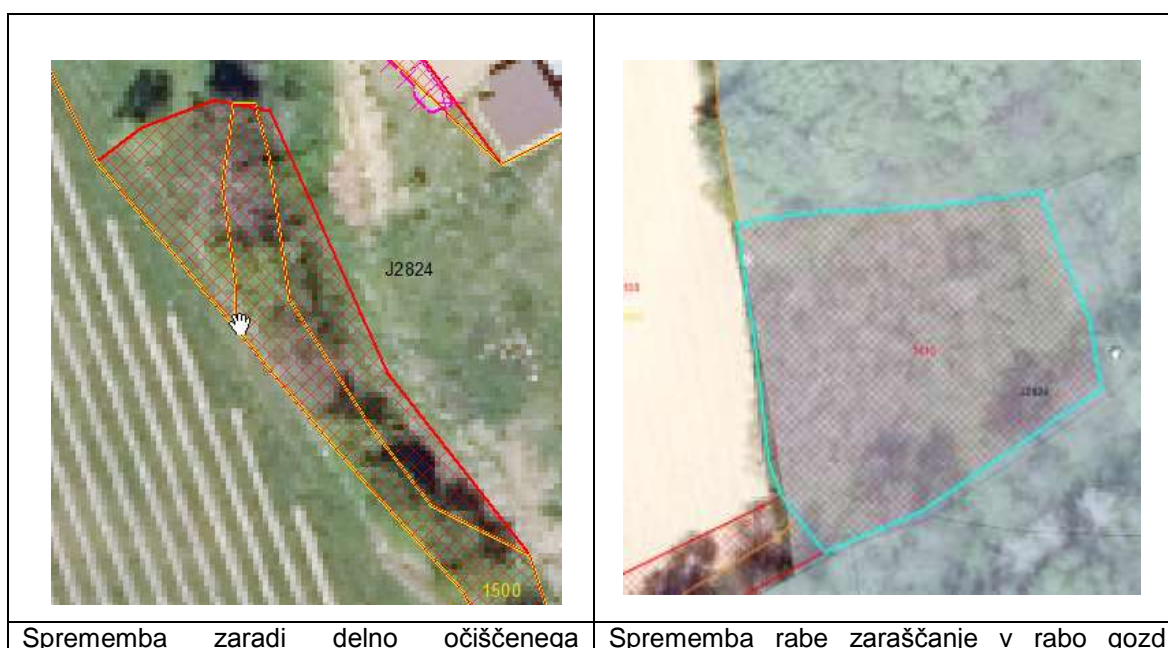
- zaraščanje trajnih travnikov,
- sprememba iz travnika v njivo in obratno,
- širjenje pozidanih površin na kmetijska zemljišča,
- krčitve gozdov,
- krčitve ali obnove vinogradov in sadovnjakov in
- druge spremembe.

Rezultat je vektorski sloj podatkov, ki vsebuje obris območja spremembe in opisni podatek o vrsti spremembe.

Tabela 17: Vrste sprememb in deleži sprememb (po številu) med leti 2013 in 2016 v referenčnem sloju podatkov.

Šifra	Vrsta spremembe	Delež sprememb
1	Sprememba v pozidano	29 %
2	Zaraščanje travnika, njive	9 %
3	Sprememba v travnik	15 %
4	Sprememba v njivo	16 %
5	Krčitev vinograda ali sadovnjaka	3 %
6	Krčitev gozda	3 %
7	Druge spremembe	26 %

V razred druge spremembe smo uvrstili očiščenje zaraščanja, spremembe dolgoletnega zaraščanja v rabo drevesa in grmičevje ali gozd ter spremembe, ki jih ni možno določiti na podlagi ortofotov, ampak so v rabi zavedene zaradi informacij, ki jih pridobimo iz drugih virov (sloj terenskih kontrol, fotografije iz terena, gozdna maska, informacija na GERK, itd.) (Slika 25).



grmičevja v rabo travnik.	zaradi prekrivanja poligona z gozdno masko (svetlo modra).
---------------------------	--

Slika 25: Primer sprememb, ki smo jih v referenčnem sloju uvrstili v kategorijo drugih sprememb.

4.2.2 Uporaba alternativnih virov za reševanje neskladij rabe prostora

Če upravičenec kmetijskih subvencij na zemljišču prijavi rabo, ki ni skladna z zadnjim stanjem podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, se na tem zemljišču zabeleži neskladje rabe prostora (v nadaljevanju NRP). NRP se reši tako, da se potrdi izjava upravičenca o rabi z dejansko rabo v naravi. Trenutno predstavlja edini podatkovni vir za reševanje NRP s pisarniškimi metodami ortofoto, ki je razpoložljiv le v triletnih ciklih. Zaradi posebnih okoliščin pa so na nekaterih območjih podatki ortofotov lahko tudi starejši od treh let. Tako je v vmesnem obdobju, med dvema zaporednima snemanjema, reševanje NRP možno le na podlagi terenskih kontrol.


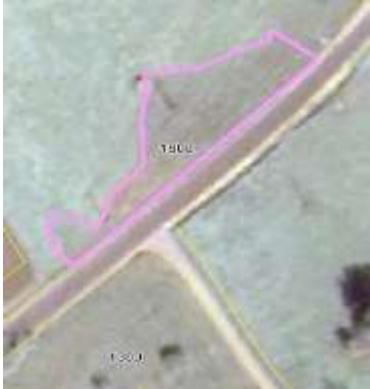
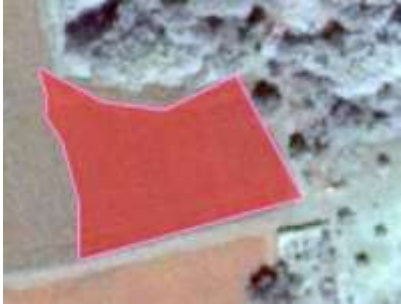



Možno rešitev za reševanje NRP s pisarniškimi metodami v vmesnem obdobju treh let, med dvema zaporednima snemanjema, predstavlja uporaba alternativnih virov podatkov. V okviru tega testa smo testirali možnost uporabe posnetkov Pléiades kot alternativnega vira podatkov za reševanje NRP.

Metoda dela

Za študijsko območje smo imeli na razpolago 6 posnetkov, od tega 4 posnetke za list J2824 in po en posnetek za lista I2726 ter I2821. Datumi snemanj so razvidni iz Tabela 15. Za list J2824, kjer je bilo na razpolago več posnetkov, smo uporabili najbolj ažurne posnetke, in sicer oba, ki sta bila posneta v letu 2016 (21.6. in 30.7.2016). Za preostala dva lista, I2726 in I2821, smo uporabili posnetka iz leta 2014.

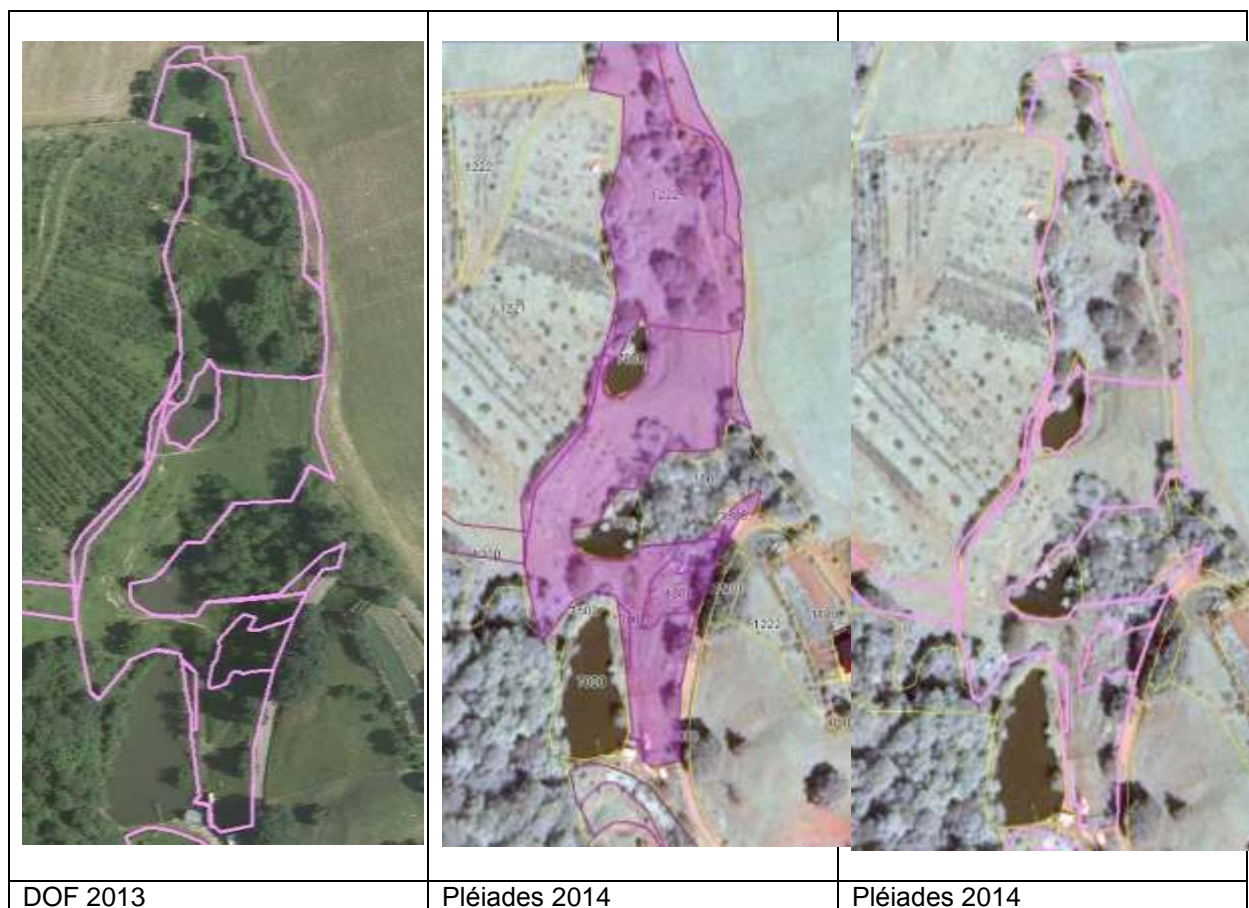
Reševanje NRP smo izvedli na podlagi predpripravljenih posnetkov Pléiades v barvni in infrardeči različici. Uporabili smo informacijsko okolje, ki se uporablja za obnovo podatkov rabe in z metodo fotointerpretacije posnetkov Pléiades poskusili rešiti NRP, v kolikor je bilo to mogoče. Iz nabora NRP na testnem območju smo v test vključili tiste NRP, katerih datum prijave je starejši od datuma snemanja Pléiades. Rezultati reševanja NRP so podani v nadaljevanju.

Kadar NRP pokriva manjše površine na katerih je prišlo do neskladja zaradi nasutja materiala, sanacije zemljišč, odstranitve dreves in je nosilec podal izjavo, da so zemljišča očiščena, zatravljena in da se redno kosijo ali orjejo, je bilo s pomočjo posnetkov Pléiades izjave nosilcev vedno možno potrditi. Primeri nekaterih rešljivih NRP so prikazani na Slika 26.

		
Pléiades 2014	Pléiades 2014	Pléiades 2014
		
DOF 2013	DOF 2013	DOF 2013

Slika 26: S satelitskega posnetka (stanje 2014) je razvidno, da so neskladne površine zatravljene ali preorane v njivo. NRP bi lahko rešili.

Pri NRP na katerih se prepleta več različnih vrst rab in se raztezajo na velikih površinah je običajno možno rešiti le posamezna območja NRP. V teh primerih je natančna interpretacija ločnice med posameznimi dejanskimi rabami zelo zahtevna. Še posebej v primerih prepletanja zemljišč v zaraščanju, sadovnjakov ter dreves in grmičevja. Takšni NRP so bili opredeljeni kot delno rešljivi (Slika 27).



Slika 27: Primer delno rešljivega NRP.

Od skupaj 52 testnih NRP smo jih lahko s pomočjo satelitskih posnetkov rešili v celoti 44 (85 %), 8 (15 %) smo jih rešili delno.

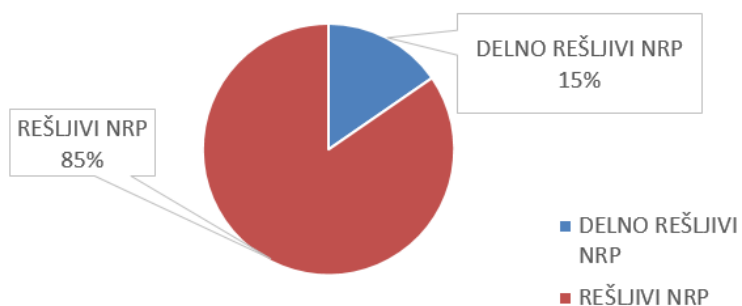


Tabela 18: Statistika rešitve NRP po posameznem testnem listu.

	I2821	I2726	J2824
Rešljivi NRP	7 (66 %)	15 (88 %)	22 (92 %)
Delno rešljivi NRP	4 (36 %)	2 (12 %)	2 (8 %)
Nerešljivi NRP	0	0	0
Skupaj NRP	11	17	24

Uporaba posnetkov Pléiades se je izkazala za zelo uporabno pri pisarniški metodi reševanja NRP. Omejitve satelitskih posnetkov v primerjavi z ortofoti so podobne pri pojavu senc na posnetku, določanju zaraščanja, ločevanju med rabama drevesa in grmičevje ter ekstenzivni sadovnjak. Problem posnetkov Pléiades je, da je njihova razpoložljivost zagotovljena le za posamezne projektne stopnje CORE dataset. Zagotavlja se zajem vseh območij EEA-39 in sicer enkrat za obdobje 2014 – 2016 (VHR_IMAGE_2015) in enkrat za obdobje 2017 – 2019 (VHR_IMAGE_2018). Kot alternativni vir ga je mogoče uporabiti v obdobju med dvema snemanja CAS.

4.2.3 Identifikacija sprememb rabe na podlagi alternativnih virov podatkov z metodo fotointerpretacije

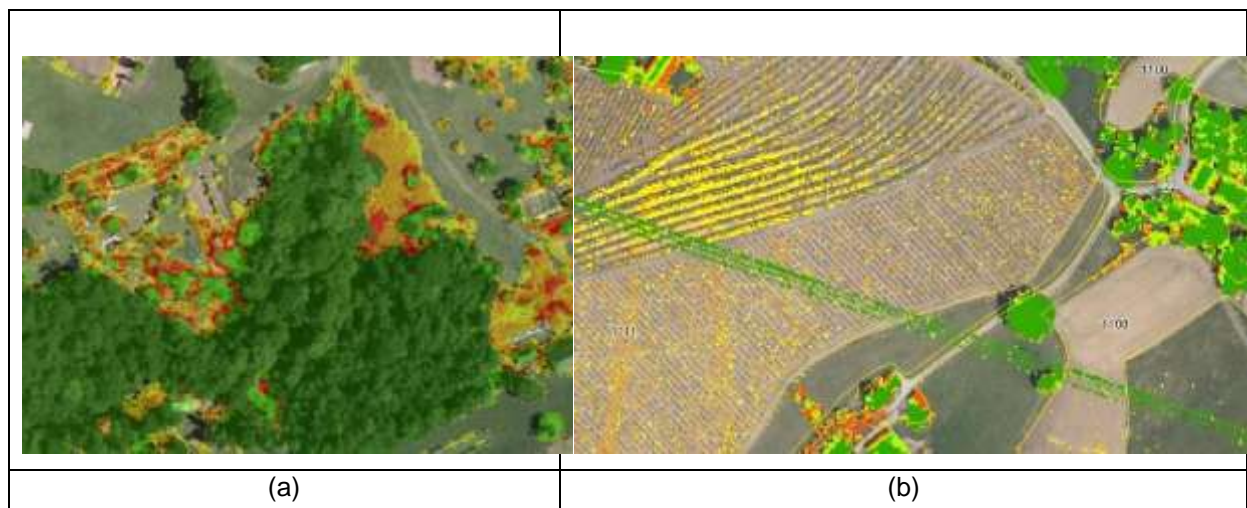
Cilj testiranja je ocena uporabnosti predlaganih alternativnih virov podatkov za obnovo podatkov rabe. Test je vključeval obnovo podatkov dejanske rabe (evidentirano stanje 2013) na podlagi predlaganih alternativnih virov podatkov. Obnovo rabe smo izvedli po veljavnem interpretacijskem ključu (MKGP, 2013).

Testirali smo možnost uporabe naslednjih skupin alternativnih virov podatkov za obnovo podatkov dejanske rabe:

- satelitski posnetek Pléiades v barvni in infrardeči različici,
- barvni infrardeči ortofoto in normalizirani digitalni model površja (izdelek CAS) ter
- barvni infrardeči ortofoto in normalizirani digitalni model površja (lidarski podatki, izdelek LSS).

Model višin nad terenom predstavlja razlika slojev digitalnega modela površja in digitalnega modela reliefa (DMR1). Izdelali smo dva modela višin nad terenom, in sicer tako, da smo enkrat kot vir podatkov uporabili izdelek CAS (digitalni model površja) in drugič smo kot vir podatkov uporabili georeferenciran in klasificiran oblak točk (izdelek LSS). Model višin nad terenom smo zapisali v rastrsko datoteko in jo prikazali z barvno lestvico v šestih razredih:

Višine nad terenom



Slika 28: Model višin nad terenom na podlagi podatkov CAS (a) in na podlagi lidarskih podatkov LSS (b).

Pri testiranju obnove rabe smo uporabili dopolnilne vire podatkov, ki se tudi sicer uporabljajo pri obstoječem postopku obnove rabe. To so:

- ortofoto 2013 in starejši,
- raba 2013/2014,
- kontrole 2013,
- ZGS sloji,
- foto teren,
- GERK,
- vsi NRP sloji.

V nadaljevanju so podrobneje predstavljeni rezultati obnove rabe na podlagi posameznih skupin alternativnih podatkov.

4.2.3.1 Satelitski posnetek Pléiades v barvni in infrardeči različici

Na listu I2821 smo testirali obnovo rabe s fotointerpretacijo posnetkov Pléiades.

Izbrani primeri primerjave satelitskih posnetkov in ortofotov

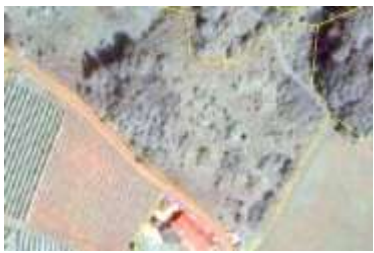


1. Meja med pozidanimi in kmetijskim zemljiščem je na satelitskih posnetkih vidna.



2. Površina izkrčenega vinograda se je spremenila v travnik, ki je na satelitskih posnetkih viden. Površina zajeta kot nepravilna kmetijska raba (1600) izgleda zatravljena oz. v procesu zatravljanja, zato jo pridružimo travniku.



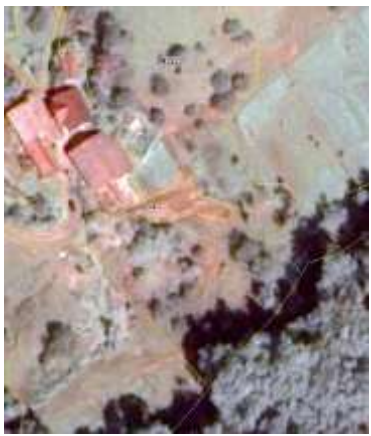
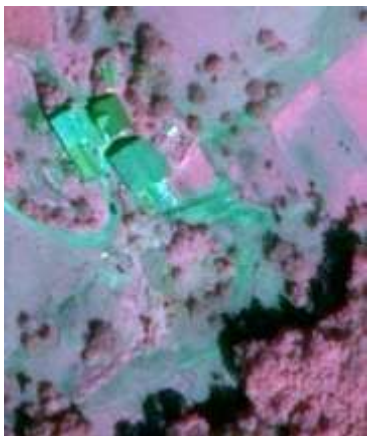

3. Primer površine v zaraščanju, ki je dobro vidna na satelitskih posnetkih.

		
Pléiades (Barvni) 2014	Pléiades (infrardeči) 2014	Ortofoto 2014

4. Vodna površina je zelo dobro vidna na IR satelitskem posnetku.

		
Pléiades (Barvni) 2014	Pléiades (infrardeči) 2014	Ortofoto 2014

5. Z barvnega in IR satelitskega posnetka je težko razmejiti dejanske rabe ekstenzivni sadovnjak, zaraščanje, travnik, neobdelano kmetijsko zemljišče (1222/1410/1300/1600).

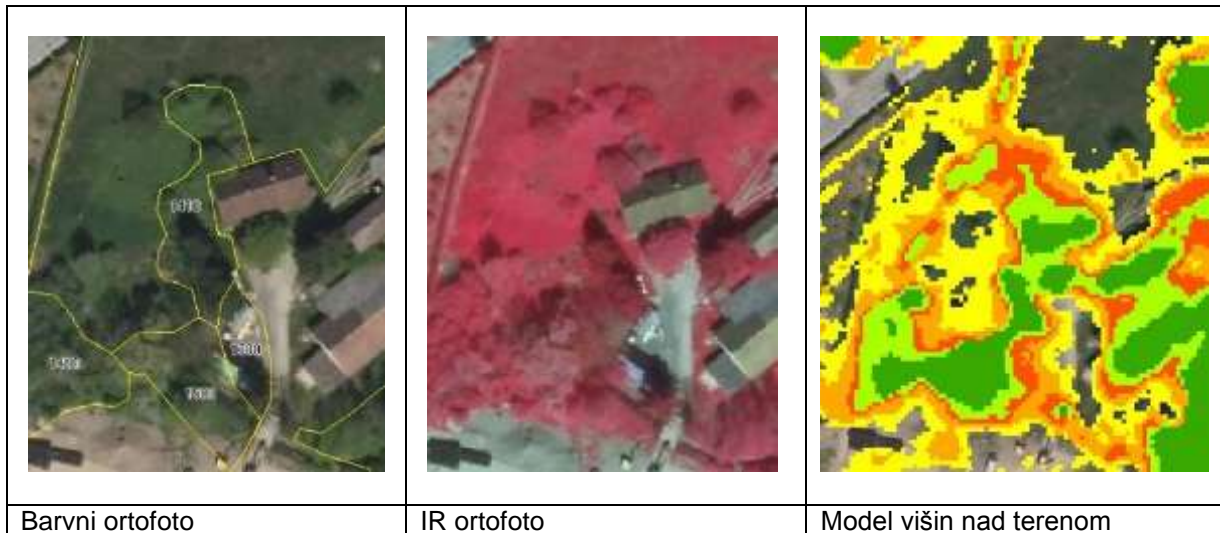
		
Pléiades (Barvni) 2014	Pléiades (infrardeči) 2014	Ortofoto 2014

4.2.3.2 IR ortofoto in model višin nad terenom (DMP CAS)

Na listu I2726 smo testirali obnovo rabe s fotointerpretacijo barvnih in infrardečih ortofoto ter modelom višin nad terenom iz DMP CAS 2016.

Izbrani primeri barvnih in infrardečih ortofotov v kombinaciji z modelom višin nad terenom

1. Razširitev zaraščanja, na katerega nas opozori tudi sloj višin nad terenom.



2. Sloj višin nad terenom zazna novonastali nasip. Potrebna je smiselna uporaba te informacije, ne gre namreč za zaraščanje, vendar le za površino, ki je dvignjena.

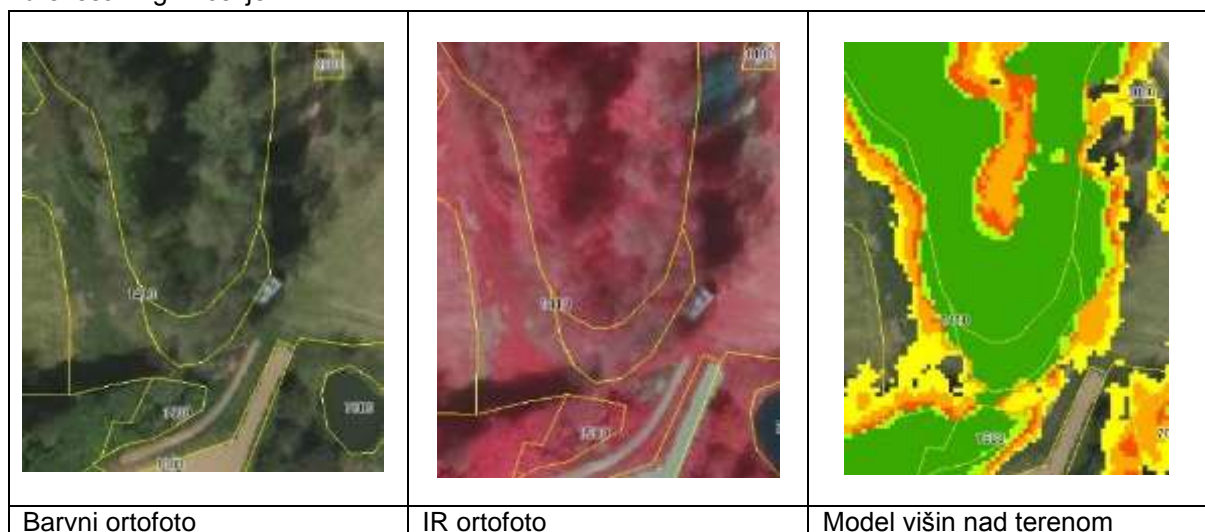


3. Očiščeno zaraščanje ob gozdu. Tudi sloj višin nad terenom ne zazna zaraščanja.



Barvni ortofoto	IR ortofoto	Model višin nad terenom
-----------------	-------------	-------------------------

4. Z infrardečega ortofota in sloja višin nad reliefom je vidno, da je poligon zaraščanja ob gozdu nepotreben, saj gre za enake višine in ga zato lahko pridružimo h gozdu ali pa spremenimo v rabo drevesa in grmičevje.

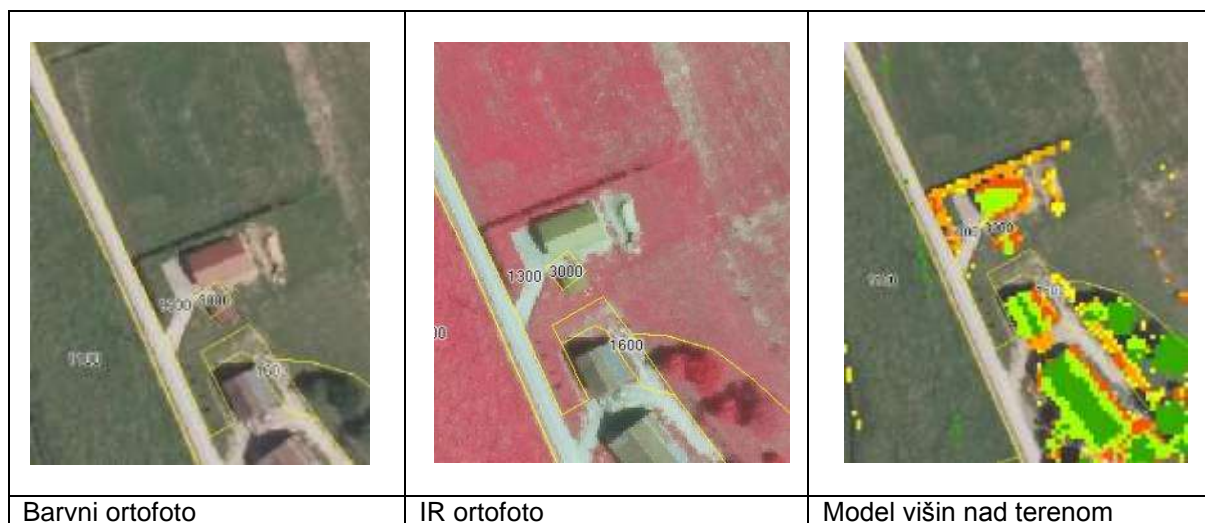


4.2.3.3 Barvni infrardeči ortofoto in model višin nad terenom (DMP lidar)

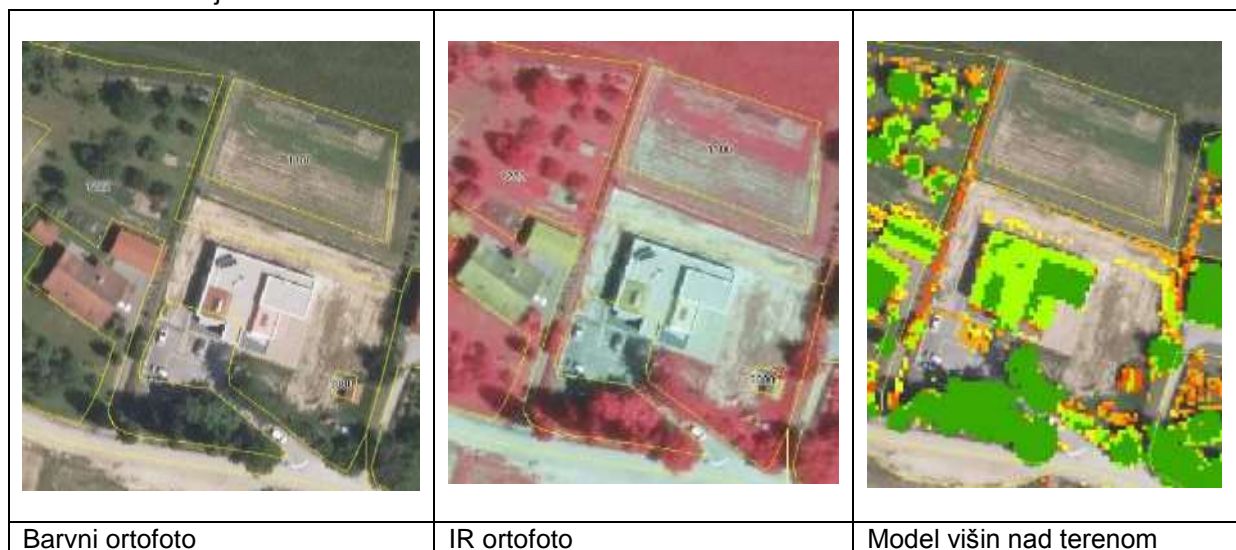
Na listu J2824 smo testirali obnovo rabe s fotointerpretacijo ortofotov in IR ortofotov ter višin nad terenom iz DMP lidar.

Izbrani primeri barvnih in IR ortofotov v kombinaciji z modelom višin nad terenom

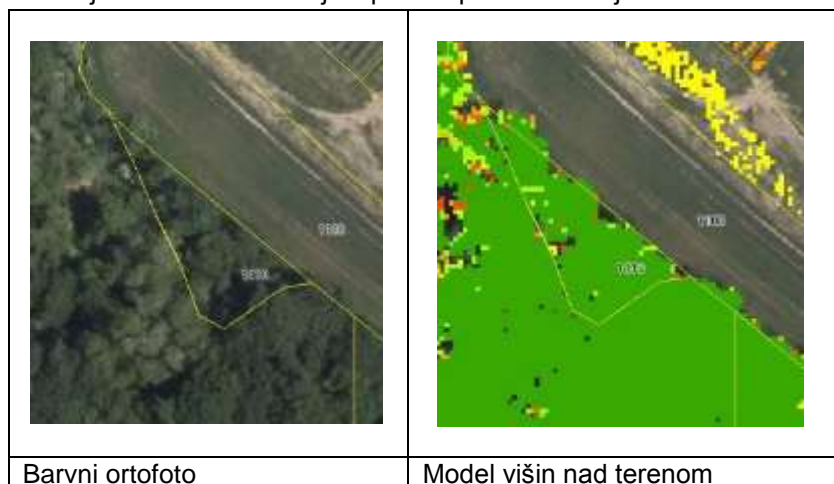
1. Sprememba iz kmetijske v pozidano površino (nov objekt) je dobro vidna na IR ortofotu. Sprememba je vidna tudi na sloju višin nad terenom.



2. Na barvnem in IR ortofotu je vidna sprememba dela sadovnjaka v urbano površino. Sprememba je vidna tudi na sloju višin nad terenom.



3. Sloj višin nad terenom je v pomoč pri razlikovanju med rabama 1410 in 1500.



4. Sloj višin nad terenom zazna daljnovid. Informacijo je potrebno smiselno (ne)upoštevati.



4.3 Identifikacija sprememb dejanske rabe na podlagi alternativnih podatkov s predlagano samodejno identifikacijo sprememb

V okviru testiranja predlaganih pristopov samodejne identifikacije sprememb bosta testirana oba pristopa zaznavanja sprememb:

- samodejno identifikacijo vseh izrazitejših sprememb ter
- samodejno razpoznavanje sprememb v posameznih razredih dejanske rabe.

Pri tem bomo uporabili različne tehnike zaznavanja sprememb:

- analiza klasificiranih posnetkov,
- analiza neposredne primerjave dveh ali več posnetkov,
- analiza časovnih vrst.

4.3.1 Zaznavanje sprememb z analizo klasificiranih posnetkov

V fazi testiranja smo testirali metodo razpoznave sprememb po posameznih klasifikacijskih razredih, ki so predmet tega projekta (glej 3.1.2). Na podlagi vseh testiranj je oblikovan enoten postopek identifikacije vseh sprememb, ki je opisan v 673.2.3.1. V nadaljevanju je podan popis poteka testiranja po posameznih klasifikacijskih razredih.

4.3.1.1 Pozidano kmetijsko zemljišče

Pozidano kmetijsko zemljišče je kmetijsko zemljišče ali njegov del, na katerem stojijo stavbe ali neprepustne, utrjene površine. Npr. stavbe, inženirski objekti (cesta, parkirišče), dvorišče. V klasifikacijski razred se ne uvrščajo površine, ki so prekrivane z vegetacijo, npr. kuhinjski vrtovi, drevoredi, parki, rekreacijske površine, ipd., ki se sicer po rabi uvrščajo v pozidano in sorodno zemljišče.

Vhodni podatki

Vhodni podatki za izvedbo testa so ortofoto in IR (CAS 2016), digitalni model površja (CAS 2016), digitalni model reliefa (DMR1) in dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč (2013).

Tehnika zaznavanja sprememb

Klasifikacija maske posnetka (območje kmetijskih zemljišč). Testiranje smo izvedli na podlagi enega posnetka, saj gre pri pozidanih kmetijskih zemljiščih za nenadno spremembo in za identifikacijo spremembe zadošča že posnetek po spremembi in evidentirano stanje oziroma posnetek pred- in po spremembi.

Postopek

Po definiciji klasifikacijskega razreda (3.1.2) se identifikacija sprememb izvede na vseh kmetijskih zemljiščih, razen na zemljiščih z evidentirano rabo rastlinjak. Za identifikacijo teh zemljišč smo uporabili podatke dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, stanje 2013). Na identificiranih kmetijskih zemljiščih smo izvedli klasifikacijo.

Zaradi zahtevane stopnje podrobnosti (25 m²) in visoke prostorske ločljivosti ortofotov smo uporabili metodo objektno usmerjene klasifikacije. Klasifikacijo segmentov v razrede smo izvedli na osnovi pravil. Za parametre, ki so odvisni od digitalnih vrednosti pikslov (t. j. homogenost in normaliziran vegetacijski indeks), smo mejne vrednosti določili statistično za vsak posnetek posebej. Rezultati kažejo, da je tak pristop uspešen, saj smo s tem odpravili večji del napak, ki so posledica radiometrične neusklajenosti državnih ortofotov. Predpriprava podatkov je vključevala tudi določitev maske normaliziranega digitalnega modela površja (nDMP), ki smo jo izdelali na podlagi digitalnega modela površja in digitalnega modela reliefa.

Objektno usmerjeno klasifikacijo smo izvedli hierarhično. Segmentacijo smo izvedli na zglajenem ortofotu in maski nDMP z visoko stopnjo podrobnosti. Segmente smo nato na podlagi normaliziranega vegetacijskega indeksa in maske nDMP uvrstili v klasifikacijske razrede zelene površine, potencialne pozidane površine in stavbe. V razred potencialne pozidane površine se poleg dejanskih pozidanih površin uvrščajo tudi sence in preorane njive. Sence smo odstranili na podlagi indeksa senc, za odstranjevanje njiv pa smo posnetek ponovno segmentirali tako, da smo tvorili nadobjekte. Za razlikovanje med preoranimi njivami in pozidanimi površinami smo testirali več načinov – od uporabe različnih razmerij spektralnih kanalov do avtomatske določitve vzorcev, vendar so se kot najbolj uspešni izkazale metode pravil na podlagi geometričnih, kontekstualnih in teksturnih lastnosti. Na ta način smo odstranili večino preoranih njiv, ostale pa so posamezne njive oziroma deli njiv (predvsem manjših, nepravilnih oblik in nehomogene teksture). V nadaljevanju testiranje bomo poskusili zmanjšati delež tako lažno klasificiranih segmentov.

V postopku poklasifikacije rezultatov smo odstranili segmente, ki ne izpolnjujejo pogojev glede površine in širine. Odstranjeni so bile vse spremembe s površino manjšo od 25 m² in širino manjšo od 2 m.

Rezultati in vizualna ocena

V predlaganem postopku smo poskusili identificirati vsa **pozidana zemljišča**, kot jih določajo pravila za zajem dejanske rabe (razen zelenih površin) in z enako stopnjo podrobnosti.

V okviru vizualne ocene smo ocenili, da so bila s postopkom identificirana praktično vsa pozidana kmetijska zemljišča. Nekateri primeri uspešno identificiranih sprememb so podani na Slika 29. Na slikah so obstoječa pozidana zemljišča označena z rožnatim polnilom, spremembe (pozidana kmetijska zemljišča) pa z rdečo obrobo.





Slika 29: Primeri identificiranih pozidanih kmetijskih zemljišč. Na zgornjih slikah sta prikazana primera sprememb večjih površin in identifikacije novih posegov v prostor. Na spodnjih slikah pa sta podana primera identifikacije sprememb manjših površin, kjer gre pretežno za razširitev obstoječih pozidanih površin (gradnja novih pomožnih objektov ali razširitev pripadajočih zemljišč k objektom).

Posamezni primeri neidentificiranih sprememb so predvsem ožje makadamske ceste in drugi specifični primeri (npr. stavba s temno streho). Popolnost identifikacije stavb s temno streho smo v nadaljnjem testiranju uspešno izboljšali z modeliranjem pravil na osnovi indeksa senc, maske višin nad terenom in geometričnih lastnosti stavb.



Slika 30: Posamezni primeri neidentificiranih sprememb so ceste in stavbe s temno streho.

V nadaljevanju smo preverili še klasificirane spremembe, ki **niso pozidano kmetijsko zemljišče**. Delež identificiranih sprememb, ki so spremembe, vendar niso pozidano kmetijsko zemljišče, so neobdelana kmetijska zemljišča. Primeri so prikazani na Slika 31.

Čeprav je prvotni cilj postopka identifikacija pozidanih zemljišč, menimo, da je postopek primeren tudi za identifikacijo neobdelanih kmetijskih zemljišč, zato teh rezultatov ne uvrščamo med napake in jih je smiselno vključiti v postopek obnove podatkov evidence dejanske rabe. Na podlagi teh ugotovitev smo dodatno, iz maske kmetijskih zemljišč, na katerih smo identificirali pozidana zemljišča izločili rabo 1600 – neobdelano kmetijsko zemljišče. Vsa neobdelana kmetijska zemljišča, na katerih smo identificirali pozidano, so bila lažno razpoznana kot sprememba.



Slika 31: Primeri identificiranih sprememb, ki niso pozidano kmetijsko zemljišče, temveč neobdelano kmetijsko zemljišče.

Druga skupina identificiranih sprememb, ki niso pozidano kmetijsko zemljišče **so utrjene površine ob obstoječih pozidanih zemljiščih**. V teh primerih gre deloma za pozidana kmetijska zemljišča, deloma za neobdelana kmetijska zemljišča, deloma pa za napake (Slika 32). Ali gre dejansko za spremembo lahko potrdimo zgolj na podlagi fotointerpretacije.

Uporabnost teh sprememb je enaka kot v predhodnem primeru. Rezultati nakazujejo na spremembo v naravi, ki jo je potrebno v procesu obnove preveriti in po potrebi ustrezno evidentirati. Interpretatorju usmeritev na spremembo olajša iskanje razlik med dvema posnetkoma.



Slika 32: Primeri identificiranih sprememb, ki niso pozidano kmetijsko zemljišče, temveč deloma utrjene površine in neobdelano kmetijsko zemljišče.

Zadnja skupina identificiranih sprememb, kjer gre nedvoumno za napake pa so **preorane njive ali deli njiv**.



Slika 33: Primeri identificiranih sprememb, ki niso pozidano kmetijsko zemljišče, temveč preorane njive

Sklep

Čeprav je bil prvotni cilj postopka identifikacija pozidanih zemljišč, ugotavljamo, da lahko s postopkom precej zanesljivo identificiramo tudi neobdelana kmetijska zemljišča. Menimo, da so rezultati postopka uporabni za odkrivanje obeh vrst sprememb. Grobe napake predstavljajo le primeri, pri katerih so bile spremembe zaznane na svetlejših delih preoranih njiv. Zaradi lažnih klasifikacij njiv kot pozidano smo se odločili za hkratno obravnavo pozidanih zemljišč in njiv. Postopek je integriran v enoten algoritem odkrivanja sprememb na podlagi analize klasificiranih posnetkov, ki je opisan v 3.2.3.1.

4.3.1.2 Krčitev gozda

V razred krčitev gozda se uvrščajo deli gozdnih zemljišč (2000), ki mejijo na kmetijska zemljišča in niso več porasla z visoko vegetacijo.

Vhodni podatki

Vhodni podatki za izvedbo testa so digitalni model površja (DMP CAS 2010, 2013, 2016), digitalni model reliefa (DMR1) in dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč (2013).

Tehnika zaznavanja sprememb

Testirali smo dve tehniki zaznavanja sprememb, in sicer s kombinacijo pikselske klasifikacije in GIS analize ter z objektno usmerjeno analizo.

Postopek

Po definiciji klasifikacijskega razreda krčitev gozda (3.1.2) se identifikacija sprememb izvede na vseh delih gozdnih zemljišč, ki mejijo oz. so od kmetijskih zemljišč oddaljena največ 500 m in niso več porasla z visoko vegetacijo.

Z analizo neposredne primerjave digitalnih modelov površja (2010, 2013, 2016) smo izdelali sloj normaliziranega digitalnega modela površja (višnin dreves; nDMP) v letih 2010 – 2013 in 2013 – 2016. Prvi približek krčitev smo izdelali na podlagi maske sprememb nDMP (kmetijska in gozdna zemljišča) in klasifikacije na osnovi pravil (višina in sprememba višine dreves).

Tako izdelan sloj je vseboval dejanske krčitve gozda kot tudi lažno identificirane krčitve. V nadaljevanju smo spremembe klasificirali v razreda nenadne spremembe in ostale spremembe na

podlagi sprememb višin nDMP. Nenadne spremembe smo združili v strukturne elemente z morfološko obdelavo. Izvedli smo morfološko odpiranje sivinske slike. V fazi poklasifikacije smo iz nabora sprememb samodejno odstranili lažno identificirane spremembe na podlagi površinskega kriterija. Pri tem smo uporabili različni površinski kriterij za krčitve, ki mejijo na kmetijsko zemljišče in krčitve znotraj gozda. Na podlagi istih vhodnih podatkov smo testirali še metodo objektno usmerjene analize.

Rezultati in vizualna ocena

Preliminarno smo rezultate identifikacije krčitev gozda ovrednotili z vizualno oceno na podlagi fotointerpretacije ortofotov (2010, 2013, 2016) in digitalnega modela površja (2016). Na podlagi vizualne ocene ocenjujemo, da so bila uspešno identificirana območja krčitev. Lažno so bila identificirana predvsem območja redčenja gozda, kjer ne gre za krčitve.



Slika 34: Primer večje krčitve gozda v obdobju 2013 – 2016 (rdeči poligon) zaradi izgradnje ceste. Stanje v letu 2013 (zgornja slika) in stanje 2016 (spodnja slika).

Na Slika 34 lahko vidimo, da je na območju prišlo do večje krčitve gozda zaradi izgradnje ceste. Pri krčitvah gozda gre navadno za obsežna območja, zato je smiselno, da se območje krčitve podaja s poligonom. Vendar je potrebno pri interpretaciji upoštevati dejstvo, da gre za približek območja krčitve, saj so meje poligonov določene na podlagi digitalnega modela površja s statistično obdelavo.



Slika 35: Primer manjše krčitve gozda v obdobju 2013 – 2016 (rdeči poligon). Stanje v letu 2013 (levi sliki) in stanje 2016 (desni sliki).

Na Slika 35 je podan primer manjše krčitve gozda, ki ne meji na kmetijsko zemljišče, ampak je oddaljenost manjša od 500 m. Identificirano območje krčitev je manjše od dejanske krčitve kot je razvidna iz ortofota. Posledica je nenatančnost meje gozda na digitalnem modelu površja (CAS), ki je izdelan iz aeroposnetkov. Slabša natančnost višin je predvsem na območjih, kjer so na posnetku sence ali druge homogene površine, kjer je določitev identičnih točke posnetkov zelo zahtevna ali celo ni možna. Posledično je tudi izdelan model površja na teh območjih nižje kakovosti.

V nadaljevanju vizualne analize smo preverili popolnost identificiranih sprememb, torej ali so vse krčitve gozda po podatkih rabe 2016 identificirana z avtomatskim postopkom. Ugotovljeno je bilo, da so bile identificirane dejanske krčitve gozda, medtem ko manjše spremembe gozdne meje niso bile identificirane.



Slika 36: Primer spremembe gozdne meje pri obnovi rabe 2016 (rumene linije), ki ni bila identificirana s samodejnim postopkom, saj do spremembe v naravi ni prišlo.

Na Slika 36 je podan primer spremembe gozdne meje pri obnovi rabe 2016, ki ni bila identificirana s samodejnim postopkom. Pri obnovi dejanske rabe se je interpretator odločil, da gozdno mejo premakne na sredino krošenj, ker zaradi senc na novem posnetku ne vidi, do kje sega gozd – sprememba je torej nastala zaradi spremembe interpretacije gozdnega robu. Na spodnjih dveh slikah (Slika 36), ki prikazujeta normalizirani digitalni model površja, lepo vidimo, da do spremembe v naravi ni prišlo.



Slika 37: Primer območja krčitve določenega s samodejno metodo in interpretacija krčitve s strani operaterja pri obnovi rabe (rumena linija).

Na Slika 37 je podan primer, ko je samodejna identifikacija identificirala bistveno večje območje krčitve kot je bilo interpretirano v okviru obnove rabe 2016. Interpretator je zajel samo severni del, ki je širši in bolj očiščen in mu dodelil rabo travnik (v naravi gre za brežino vodotoka, ki je bila očiščena). Na južnem delu je ta brežina ožja, zato tukaj ni zajel krčitve, saj bi s tem ustvaril med vodnim zemljiščem in gozdno mejo (pre)ozek poligon rabe zaraščanja (1410). V vsakem primeru je pravilno, da se s samodejnimi metodami identificira celotna krčitev, operater pa na podlagi interpretacije stanja v naravi odloči ali gre za spremembo, ki vpliva na spremembo rabe ali ne.



Slika 38: Rezultati identifikacije krčitve gozda z metodo GIS analize (leva slika) in metodo objektno usmerjene analize (desna slika).

Rezultati testiranja druge metode, objektno usmerjene analize kažejo primerljive rezultate metodi GIS analize (Slika 38). V obeh primerih so bile odkrite vse ključne krčitve gozda, vendar se je izkazalo, da je metoda objektno usmerjene analize poda boljšo oceno obsega krčitve (oblika in velikost poligona spremembe). Boljša je tudi popolnost določitve manjših krčitev in tudi identifikacija sprememb, ki dejansko niso krčitve, temveč lahko gre za potencialno nepravilen zajem meje gozda.

Sklep

Na podlagi izvedenega testiranja identifikacije krčitev gozda in vizualne ocene kakovosti rezultatov ocenjujemo, da lahko z visoko zanesljivostjo identificiramo vse bistvene krčitve gozda. Podoben pristop smo uporabili za identifikacijo očiščenja kmetijskih zemljišč v zaraščanju (1410), ki smo ga integrirali v končni algoritem odkrivanja sprememb na podlagi analize klasificiranih posnetkov (3.2.3.1).

Na podlagi primerjave rezultatov identificiranih krčitev z metodo objektno usmerjene analize in GIS analize smo se odločili, da v končni algoritem odkrivanja sprememb na podlagi analize klasificiranih posnetkov (3.2.3.1) integriramo metodo objektno usmerjene analize.

4.3.1.3 Krčitev sadovnjaka ali vinograda

V razred krčitev vinograda ali sadovnjaka se uvrščajo kmetijska zemljišča z rabo 1211 (vinograd) in intenzivni sadovnjak (1221) ali deli teh zemljišč, ki niso več porasla s sadnim drevjem ali vinsko trto.

Vhodni podatki

Vhodni podatki za izvedbo testa so IR ortofoto (2016) in dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč (2013).

Tehnika zaznavanja sprememb

Objektno usmerjena analiza maske enega posnetka (območje sadovnjakov, vinogradov). Zaznavanje sprememb temelji na analizi klasificiranega infrardečega ortofota (2016), saj gre pri krčitvah za nenadno spremembo in za identifikacijo spremembe zadošča že posnetek po spremembi in evidentirano stanje. Tehnika postopka se je izkazala za ustrezno za identificiranje sprememb obeh vrst sprememb dejanske rabe.

Postopek

Po definiciji klasifikacijskega razreda (3.1.1.5 in 3.1.1.7) se v razred krčitev sadovnjaka ali vinograda uvrsti vinograde in intenzivne sadovnjake oziroma njihove dele, ki niso več porasla s sadnim drevjem ali vinsko trto in je površina, večja od 100 m².

Kot osnovni podatkovni vir za izvedbo objektno usmerjene analize smo uporabili IR ortofoto. Na podlagi analize različnih vegetacijskih indeksov (DVI, NDVI, CTVI, RVI, NRVI, TVI, TTVI, SAVI) smo določili optimalni indeks za identifikacijo krčitev, t. j. normirani vegetacijski indeks (NDVI). Razlog izbire NDVI je razpon njegove zaloge vrednosti in kontrast, med objekti brez vegetacije in z njo. Te razlike so omogočale primernejše nastavljanje mejnih vrednosti za klasifikacijo segmentov. Klasifikacijo segmentov v razred krčitev in vinograd smo izvedli na osnovi pravila o mejni vrednosti NDVI, ki smo jo smo določili enolično za vsa testna območja. Večji del lažno klasificiranih krčitev (poti, obračališča) smo odstranili samodejno v fazi poklasifikacije na podlagi geometričnih lastnosti krčitev (oblika, površina). Z generalizacijo poti in obračališč kot sestavnih delov obeh dejanskih rab na podlagi indeksov oblike smo izdelali sloj dejanskih vinogradov oz. sadovnjakov in sloj krčitev.

Rezultati in vizualna ocena

Preliminarno smo rezultate identifikacije krčitev ovrednotili z vizualno oceno na podlagi fotointerpretacije ortofotov (2010, 2013, 2016). Na podlagi vizualne ocene ocenjujemo, da so bila uspešno identificirana območja krčitev. V nadaljevanju je podanih nekaj primerov samodejne identifikacije krčitev.



Slika 39: Primeri identificirane krčitve vinograda v obdobju 2013 - 2016. Zgoraj v celoti, spodaj delno.

Na Slika 39 lahko vidimo, da je na območju prišlo do večje krčitve vinograda po podatkih dejanske rabe (2013). Samodejno smo identificirali krčitev celotnega vinograda severno od ceste in manjši del vinograda južno od ceste. Meja območja krčitve, nastala s samodejno identifikacijo, v večini primerov predstavlja tudi mejo vinograda.



Slika 40: Primeri identificirane obnove intenzivnega sadovnjaka v obdobju 2013 – 2016.

Na Slika 40 je prikazan primer identifikacije spremembe sadovnjaka. Na podlagi interpretacije ortofota je bilo ugotovljeno, da ne gre za krčitev, temveč zelo verjetno za obnovo sadovnjaka. Kljub temu, da ne gre za krčitev je v naravi prišlo do spremembe, ki jo mora operater pri obnovi zaznati, interpretirati in po potrebo spremeniti rabo.



Slika 41: Primer lažno identificiranih krčitev vinograda.

Na Slika 41 je podan najpogostejši primer lažno identificiranih krčitev vinograda. V praksi gre za posamezne dele poti znotraj vinograda, ki niso bili odstranjeni v procesu poklasifikacije ter manjša območja sprememb. Ta območja sprememb niso nujno lažne spremembe. Zato jih mora operater proučiti z interpretacijo in presoditi ali gre za spremembo, ki vpliva na spremembo rabe ali ne.

Sklep

Predstavljena metoda samodejne zaznave krčitev vinogradov in sadovnjakov se je izkazala kot visoko zanesljiva. Rezultati so lahko pomemben indikator pri zajemu rabe in imajo več kot opozorilno funkcijo.

4.3.1.4 Sprememba travnika v njivo

Vhodni podatki

Vhodni podatki za izvedbo testa so IR ortofoto (2016) in dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč (2013).

Tehnika zaznavanja sprememb

Objektno usmerjena analiza maske enega posnetka (območje trajnih travnikov). Zaznavanje sprememb smo izvedli na enem klasificiranem IR ortofotu (2016), saj smo iskali le spremembe travnika v njivo (preorano zemljišče). Za identifikacijo tovrstne spremembe zadošča že posnetek po spremembi in evidentirano stanje. Testno smo v proces vključili tudi iskanje očiščenih površin na kmetijskih zemljiščih v zaraščanju (1410).

Postopek

Po definiciji klasifikacijskega razreda (3.1.1.5 in 3.1.1.7) se v razred sprememba travnika v njivo uvrsti trajne travnike oziroma njihove dele, ki niso več porasla s trajnim travinjem in je površina, večja od 100 m².

Kot osnovni podatkovni vir za izvedbo objektno usmerjene analize smo uporabili IR ortofoto. Na podlagi analize različnih vegetacijskih indeksov (DVI, NDVI, CTVI, RVI, NRVI, TVI, TTVI, SAVI) smo določili optimalni indeks za identifikacijo krčitev, t. j. normirani vegetacijski indeks (NDVI). Razlog izbire NDVI je razpon njegove zaloge vrednosti in kontrast, med objekti brez vegetacije in z njo. Te razlike so omogočale primernejše nastavljanje mejnih vrednosti za klasifikacijo segmentov. Klasifikacijo segmentov v razred krčitev in vinograd smo izvedli na osnovi pravila o mejni vrednosti NDVI, ki smo jo smo določili enolično za vsa testna območja. Drastične spremembe vegetacijske rasti na travnikih so bile osnova, za izvajanje objektno usmerjene klasifikacije. Klasifikacijo segmentov v razreda njiva in travnik smo izvedli na osnovi pravila o mejni vrednosti TVI, ki smo jo določili enolično za vsa testna območja. Lažno klasificirane krčitve smo odstranili samodejno v fazi poklasifikacije na podlagi geometričnih lastnosti krčitev (oblika, površina).

Rezultati in vizualna ocena

Tehnika postopka se je izkazala za ustrezno za identificiranje sprememb travnika v njivo. V predlaganem preizkusu smo poizkusili identificirati območja vseh travnikov in kmetijskih zemljišč v zaraščanju, kjer je nastopila sprememba dejanske rabe v njivo. Preliminarno vrednotenje rezultatov smo izvedli s fotointerpretacijo ortofotov (CAS 2013, 2016) in podatke dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. S fotointerpretacijsko oceno rezultatov smo ocenili, da so bila uspešno identificirana območja, kjer so nastale nove njive. V nadaljevanju je podanih nekaj primerov samodejne identifikacije sprememb.



Slika 42: Primeri identificiranih njiv na območju trajnih travnikov (2013 – 2016)

Na Slika 42 je podan primer dveh njiv, ki sta se razširili na sosednja travnika. S samodejno metodo sta bili uspešno identificirani obe spremembi. Zaradi kontrastnosti med travnikom in preoranim zemljiščem je rezultat samodejne identifikacije tudi zelo natančna določitev mej novonastalih njiv.



Slika 43: Primer manjše spremembe oblike njive. Njiva se je v letu 2016 na vzhodnem delu razširila do ceste.

Na Slika 43 je podan primer identifikacije spremembe oblike njive in razširitev na sosednji travnik. S samodejno identifikacijo smo uspešno identificirali tudi manjše spremembe oblike njive, ki pa so lahko pri interpretaciji posnetka spregledane.



Slika 44: Primeri identificiranih sprememb, ki niso njiva, temveč neobdelano kmetijsko zemljišče.

Na Slika 44 je podan primer lažno identificirane njive. Dejansko ne gre za njivo, temveč zelo verjetno za neobdelano kmetijsko površino. Kljub temu, da gre za lažno klasifikacijo, je podatek o spremembi za operaterja pomemben. Na podlagi interpretacije identificirane spremembe operater presodi ali gre za spremembo, ki vpliva na spremembo rabe ali ne.

Predlagan pristop za identifikacijo sprememb travnika v njive smo preverili še na območju kmetijskih zemljišč v zaraščanju. Rezultati kažejo (Slika 45), da je pristop mogoče uporabiti tudi za identifikacijo nekaterih vrst očiščenih zemljišč v zaraščanju (preorano zemljišče).



Slika 45: Primeri identificiranih očiščenih kmetijskih zemljišč v zaraščanju (2013 – 2016).

Sklep

Predstavljena metoda samodejne zaznave sprememb travnikov in kmetijskih zemljišč v zaraščanju v njive se je izkazala kot visoko zanesljiva. Rezultati so pomemben indikator pri zajemu rabe in imajo več kot opozorilno funkcijo. Manjši delež poligonov v rezultatu so bile spremembe analiziranih območij v pozidano zemljišče (3000) ali neobdelano kmetijsko zemljišče (1600). S predlaganim pristopom

(analiza klasificiranih posnetkov) in uporabo ortofota je možna določitev le spremembe travnika v njivo, če je bila njiva v času snemanja preorana.

Medtem, ko njiv, ki so v času snemanja njiva že porasla s poljščinami, s tem pristopom ni možno identificirati. Prav tako ni mogoče identificirati obratne spremembe, to je iz njive v travnik. Za identifikacijo teh vrst sprememb je potrebno razlikovati med trajnim travinjem in ostalimi poljščinami, kar pa na podlagi enega posnetka (ortofota) na tri leta ni možno. Za identifikacijo tovrstnih sprememb je zahtevana časovna vrsta posnetkov (več posnetkov na cikel rasti, npr., Sentinel) in identifikacija sprememb na podlagi analize časovnih vrst.

4.3.1.5 Zaraščanje trajnih travnikov

Vhodni podatki

Vhodni podatki za izvedbo analize so barvni in barvni infrardeči ortofoto (2012, 2014, 2016), digitalni model površja (DMP, 2016), digitalni model reliefa (DMR1, 2011), aeroposnetki CAS (2011, 2014) in dejanska raba kmetijskih in gozdnih zemljišč (2012).

Tehnika zaznavanja sprememb

Objektno usmerjena analiza klasificiranih ortofotov in višinskih podatkov. Analiza se izvajala na seriji treh ortofotov in podatkov normaliziranega digitalnega modela površja, pridobljenega iz DMP in DMR1. Izhodišče izvedene analize je stanje dejanske rabe iz leta 2012. Rezultati predstavljajo spremembo na trajnih travnikih glede na izhodiščno stanje. Minimalni površinski kriterij za odkrivanje sprememb je definiran kot 100 m². Koncept analize temelji na uporabi hierarhične mreže segmentov s klasifikacijo na osnovi pravil.

Postopek

Segmentacijo smo začeli izvajati na maski sloja heterogenosti zelenega kanala ortofota. Heterogenost posameznega piksla smo določili kot razmerje med standardno deviacijo okoliških sosednjih pikslov in povprečno vrednostjo na obravnavanem območju (Slika 46). Skupine homogenih segmentov smo definirali kot potencialna območja vzdrževalnih površin, skupine heterogenih pikslov pa kot potencialna območja zaraščanja.



Slika 46: Izsek sloja heterogenosti z normiranimi vrednostmi. V beli barvi so prikazane zelo heterogene površine, v črni pa zelo homogene.

Zaradi vpliva senc smo v naslednji fazi segmente izboljšali z uporabo večnivojskega algoritma, ki vpošteva tudi druge kanale ortofota. Rezultate segmentacije smo v kombinaciji z višinskimi kriteriji uporabili za klasifikacijo segmentov v razrede (sence, nezaraščene površine ter nizko, srednje in visoko zaraščanje). Lažno klasificirane objekte ob robu gozda smo odstranili samodejno v fazi poklasifikacije na podlagi geometričnih in kontekstualnih lastnosti segmentov.

Rezultati in vizualna ocena

Tehnika postopka se je izkazala za ustrezna pri identifikaciji zaraščanja trajnih travnikov. V predlaganem preizkusu smo poizkusili identificirati območja vseh travnikov, kjer je nastopila sprememba dejanske rabe v kmetijsko zemljišče v zaraščanju. Za kontrolo rezultatov smo uporabili barvni ortofoto (CAS 2012, 2014, 2016) in podatke dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. S fotointerpretacijsko oceno rezultatov smo ocenili, da je zaraščanje določeno z visoko stopnjo popolnosti, vendar so prisotne lažne klasifikacije med posameznimi razredi zaraščanja. Primeri zaraščenih površin različnih stopenj lahko vidimo v Slika 47 in Slika 48.



Slika 47: Primer identificiranega zaraščanja trajnih travnikov, oz. širitve obstoječega zaraščanja (2013 – 2016).



Slika 48: Primer identificiranega zaraščanja trajnih travnikov (2013 – 2016).

Med klasificiranimi zaraščanji se nahajajo tudi spremembe, ki niso zaraščanje zaradi opuščanja, ampak so še vedno pravilne, kot npr. posaditev sadovnjaka na območju trajnega travnika (Slika 49)



Slika 49: Posaditev sadovnjaka na območju trajnega travnika

Lažno klasificirane površine so prisotne predvsem ob gozdni meji in so posledica sence dreves ali zajema gozdne meje po sredini dreves. Primer lažno klasificiranih površin lahko vidimo Slika 49.



Slika 50: Lažno klasificirano zaraščanje zaradi sence dreves in zajema gozdne meje po sredini dreves

Sklep

Predstavljena metoda samodejne zaznave zaraščanja trajnih travnikov se je izkazala kot visoko zanesljiva ter primerna tako za spremljanje stopnje zaraščенosti kmetijskih zemljišč kot kazalnika prostorskega razvoja kot tudi za identifikacijo sprememb podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Rezultati so lahko pomemben indikator pri zajemu rabe in imajo več kot opozorilno funkcijo. Delež lažno klasificiranih poligonov na območju gozdne meje se lahko zmanjša z nadaljnjim razvojem metodologije za pridobitev natančnejših mej segmentov.

4.3.2 Zaznavanje sprememb z analizo časovnih vrst satelitskih posnetkov

Cilj analiz satelitskih posnetkov z metodami časovnih vrst je na izbranem vektorskem sloju trajnih travnikov in njiv ugotoviti morebitne nepravilnosti (anomalije) znotraj poligonov v eni rastni sezoni. Nepravilnosti na kmetijskih površinah v sistemu dodeljevanja kmetijskih subvencij obravnava ARSKTRP. Tako v primeru trajnih travnikov kot njiv smo pri analizah pozorni predvsem na znake oranja. Na trajnih travnikih oranje ni dovoljeno (gre za spremembo rabe), njive pa morajo biti zorane vsaj enkrat v rastni sezoni. Nepravilnost je lahko tudi posledica naravnih (npr. huda suša) ali antropogenih razmer (npr. gradnja nepropustnih betoniranih ali asfaltiranih površin).

Vhodni podatki

Satelitski posnetki

Uporabili smo posnetke Sentinel-2A in Sentinel-2B, ki so bili za obravnavano študijsko območje na voljo v rastni sezoni 2016 in 2017, upoštevamo pa tudi nekaj posnetkov v letu 2015, ko je postal satelit Sentinel-2A operativen. Skupno število posnetkov skozi vsa tri leta prikazuje Tabela 19. Opravljeni sta bili dve obdelavi – prva (opravljena septembra 2017), ki ni vključevala posnetkov Sentinela-2B, ter druga (opravljena decembra 2017), ki je vključila tudi te posnetke, ko so le ti postali javno dostopni. Zadnji stolpec v tabeli prikazuje končno število obdelanih posnetkov, ki niso vsebovali oblakov. Izkazalo se namreč je, da atmosferski popravki, ki so bili opravljeni pred začetkom analiziranja posnetkov, niso dali zadovoljive podatke o oblačnosti na maski oblakov, zato smo oblačne posnetke predhodno izločili iz obdelave.

Tabela 19. Skupno število obdelanih brezoblačnih posnetkov.

List	Število S2 posnetkov pri 1. obdelavi (september)	Število S2 posnetkov pri 2. obdelavi (december)	Uporabljenih za obdelavo (po 2. obdelavi)
I2726	31	46	40
J2824	36	50	46
I2821	31	45	42

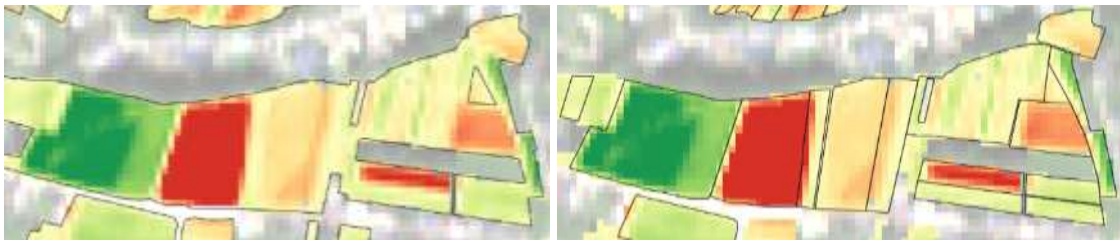
Vektorski sloj trajnih travnikov in njiv

Pred pričetkom analiz je projektni partner GI pripravil vektorski sloj poligonov trajnih travnikov (izbor trajnih travnikov na podlagi podatkov dejanske rabe) s površino večjo od 1000 m².

Tabela 20: Skupno število obravnavanih poligonov (1300 = travniki, 1100 = njive).

	RABA 2016 - 1300	RABA 2016 - 1300 izbor	1100 iz sloja GERK
I2821	156	109	313
J2824	170	85	310
I2726	187	93	221
<i>Skupaj poligonov</i>	513	288	844

Vektorski sloj njiv smo pridobili iz sloja GERK, ki je brezplačno na voljo na iz portalu MKGP. Razlog, da smo pri analizah njiv uporabili sloj GERK leži v dejstvu, da so kompleksi njiv v evidenci dejanske rabe vodeni z enotnim poligonom, kar še posebej za analizo časovnih grafov, ki slonijo na izračunu srednjih vrednosti poligona, predstavlja izziv (glej Slika 51). Tabela 20 prikazuje število obravnavanih poligonov.



Slika 51. Rezultati obdelave njiv s časovnimi vrstami primerneje sovpadajo z GERK (desno) kot njivami po podatkih dejanske rabe (levo).



Slika 52: Poligoni trajnih travnikov (levo) in njiv na satelitskem posnetku Sentinel-2 za list I2726. Površina posameznega poligona je večja od 1000 m².

Minimalna površina enote analiz

Pri analizah časovnih vrst je potrebno upoštevati prostorsko ločljivost uporabljenih satelitskih posnetkov. Posnetki Sentinel-2 imajo prostorsko ločljivost 10 m, zato je potrebno upoštevati najmanjšo površino za opazovani objekt (njiva, travnik), ki jo je še smiselno opazovati na posnetkih. V primeru samodejnega zaznavanja kmetijskih objektov smo na primeru Sentinel-2 pragmatično ugotovili, da je minimalna meja površine obravnavanega objekta 10 pikselov (1000 m²). Primer takšne travniške parcele prikazuje Slika 53 levo (podlaga na sliki je posnetek Sentinel-2, oranžni vektorski sloj prikazuje travnike po podatkih dejanske rabe).

Po temeljitem pregledu pa za relevantno analizo ter verodostojne statistične izračune na obravnavanih satelitskih posnetkih priporočamo najmanjšo površino objektov okoli 20 pikselov.

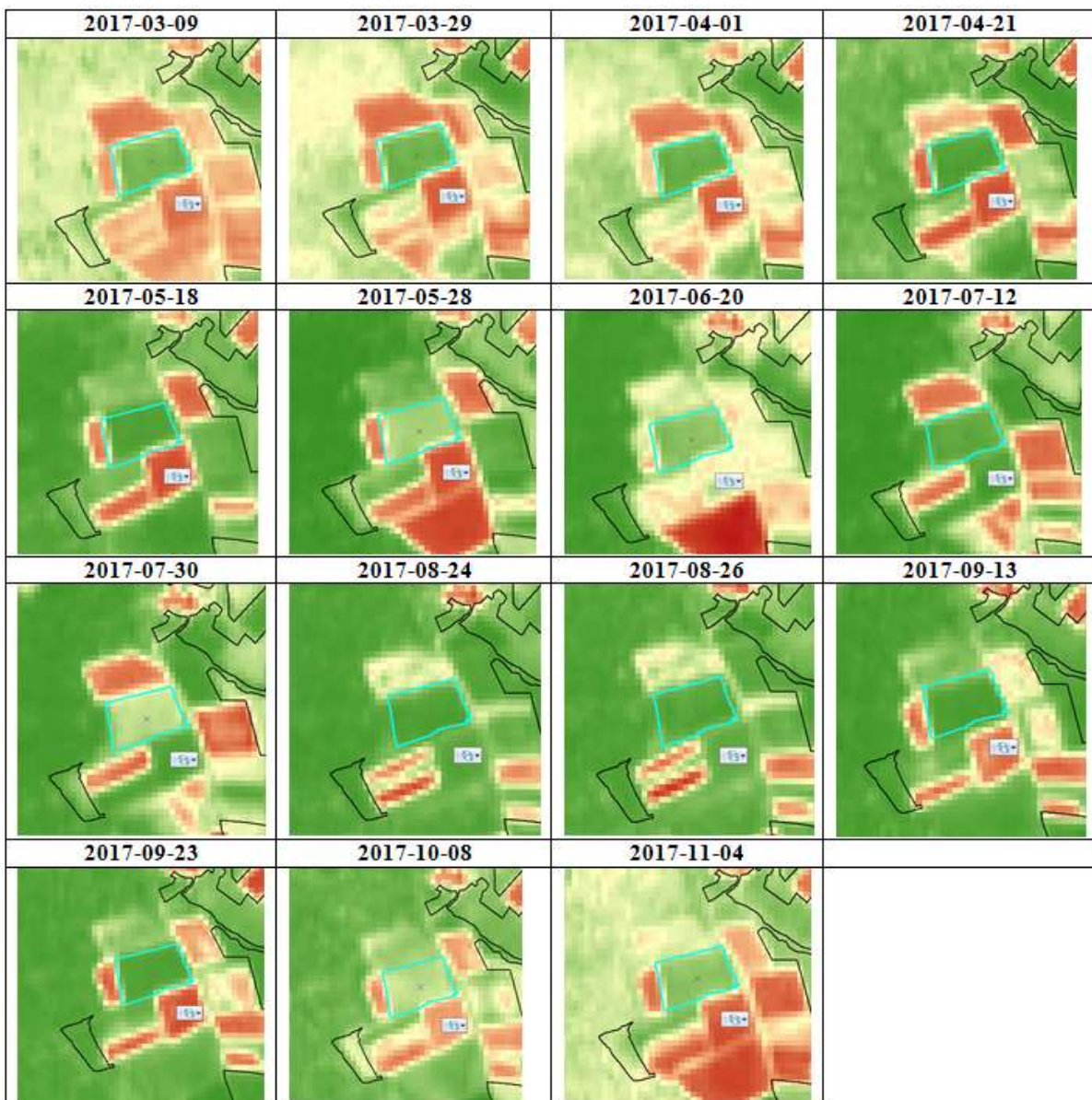


Slika 53. Primer poligona travnika, ki šteje okoli 1000 m² (10 pikslov) (levo) . Primer travnika s površino okoli 2000m² (20 pikslov) (desno).

Tehnika zaznavanja sprememb

Fenologija trajnega travnika in njive v rastni sezoni

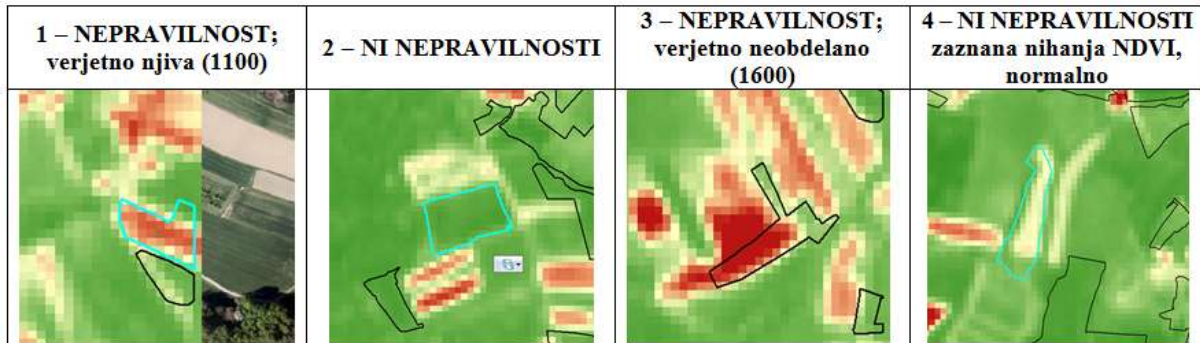
Pred začetkom analiz smo z vizualno interpretacijo preučili razvoj ravnega cikla trajnega travnika v rastni sezoni 2017. Za podatkovni sloj smo uporabili vegetacijski indeks NDVI. Zeleni odtenki predstavljajo visoke vrednosti NDVI ($>0,5$, navadno nad $0,6$) ter predstavljajo aktivno vegetacijo, rdeče pa nižje ($<0,4$) in lahko pomenijo motnje v razvoju (oranje, huda suša). Bež odtenki prav tako predstavljajo razmeroma visoke vrednosti NDVI in so navadno odraz mlade vegetacije ali posledica košenj in blage suše. Iz Slika 54 je razvidno, da trajni travnik skozi celotno rastno sezono ohranja visoke vrednosti indeksa NDVI ter da ne opazimo sledi oranaj v začetku, sredini ali koncu rastne sezone. Tak rasti cikel predstavlja izhodiščno stanje nadaljnjih analiz.



Slika 54: Rastni cikel trajnega travnika (moder poligon) v rastni sezoni 2017, prikazan na slojih vegetacijskega indeksa NDVI posnetkov Sentinel-2 zajetih v različnem času.

Slika 55 prikazuje štirje primere trajnih travnikov:

- dva poligona ustrežata pričakovanemu rastnemu ciklu.
- na dveh smo zaznali nepravilnosti (oranje in neobdelano),

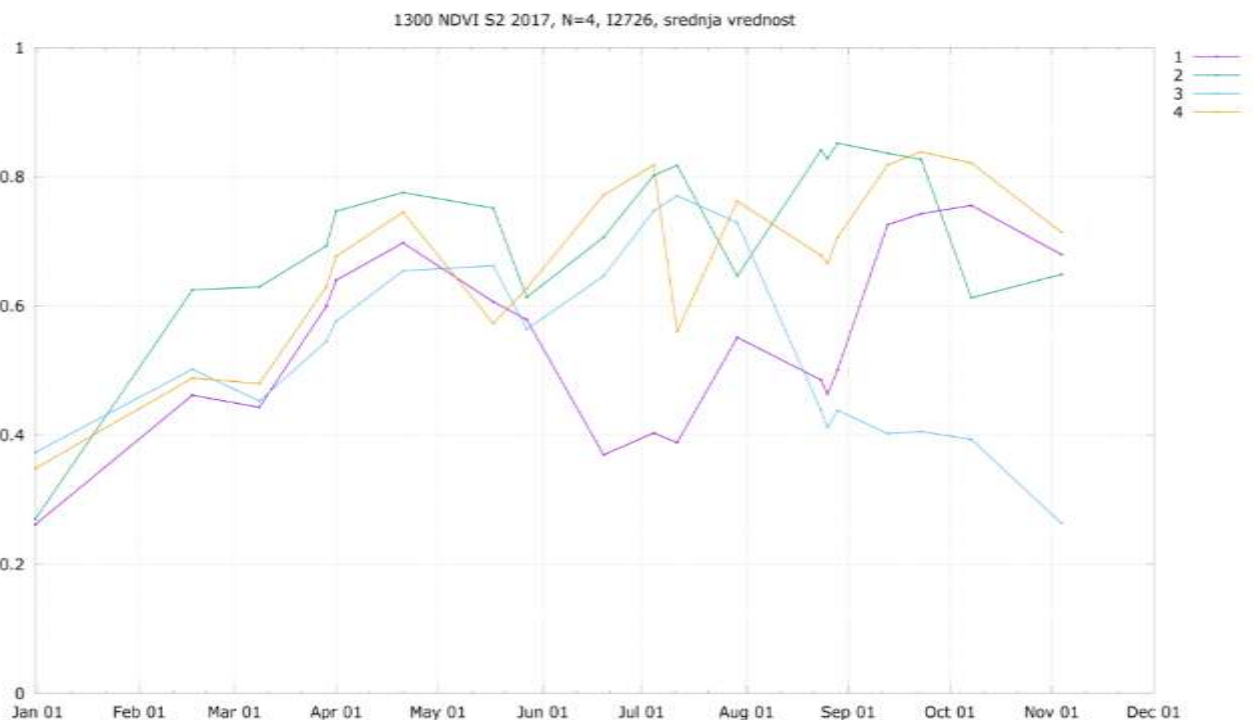


Slika 55: Izbrani primeri poligonov trajnega travnika za interpretacijo časovnih grafov.

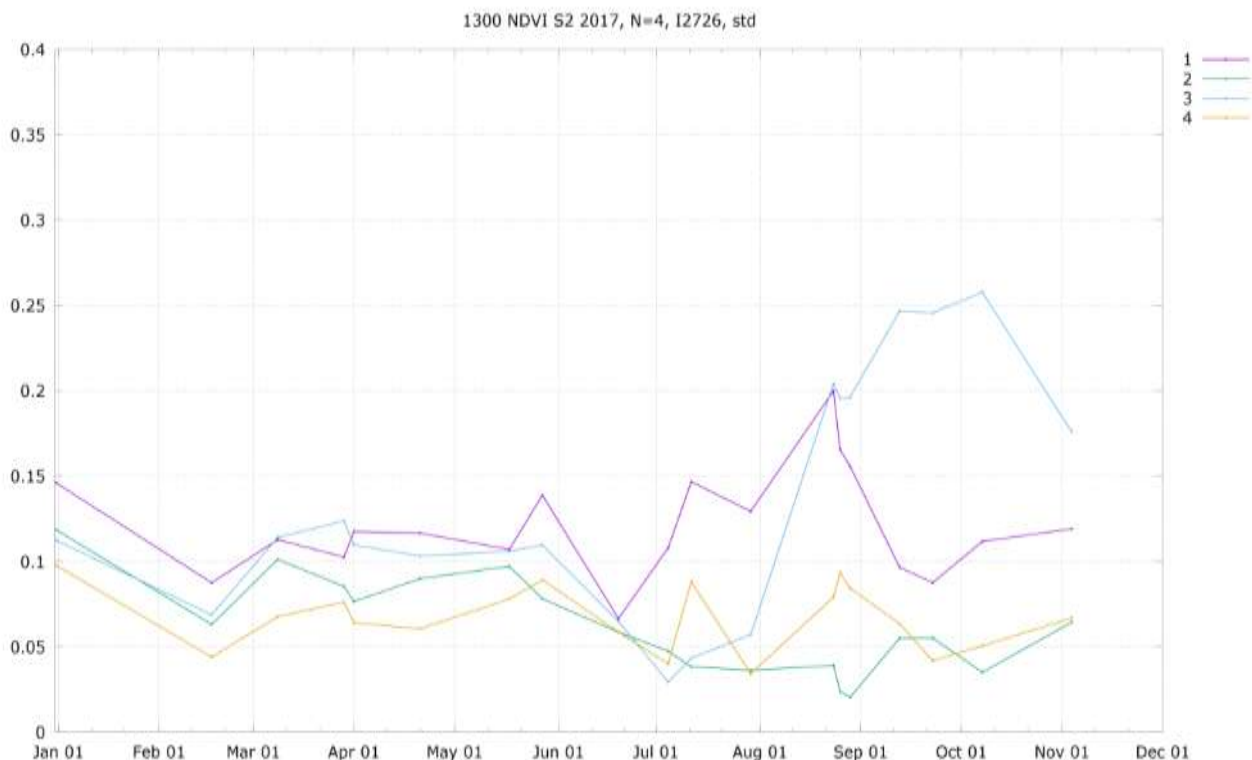
Slika 56 in Slika 57 prikazujeta časovne grafe štirih poligonov iz Slika 55.

Pri interpretaciji časovnih grafov moramo vedeti, da sta srednja vrednosti in standardni odklon izračunana iz vseh pikselov v poligonu, zato so lahko vrednosti NDVI kljub anomaliji oziroma nepravilnosti znotraj poligona še vedno visoke. Časovni graf standardnega odklona vrednosti omogoča zaznavanje nepravilnosti v delih poligona.

Ker smo uporabili zgolj brezoblačne posnetke, so nizke vrednosti zanesljiva informacija o morebitni nepravilnosti. Takšne anomalije rastnega cikla trajnega travnika lahko zaznamo v primeru prvega in tretjega poligona, saj se srednja vrednost spusti pod mejo 0,4.



Slika 56: Časovni graf poligonov (srednja vrednost), predstavljenih na Slika 55.



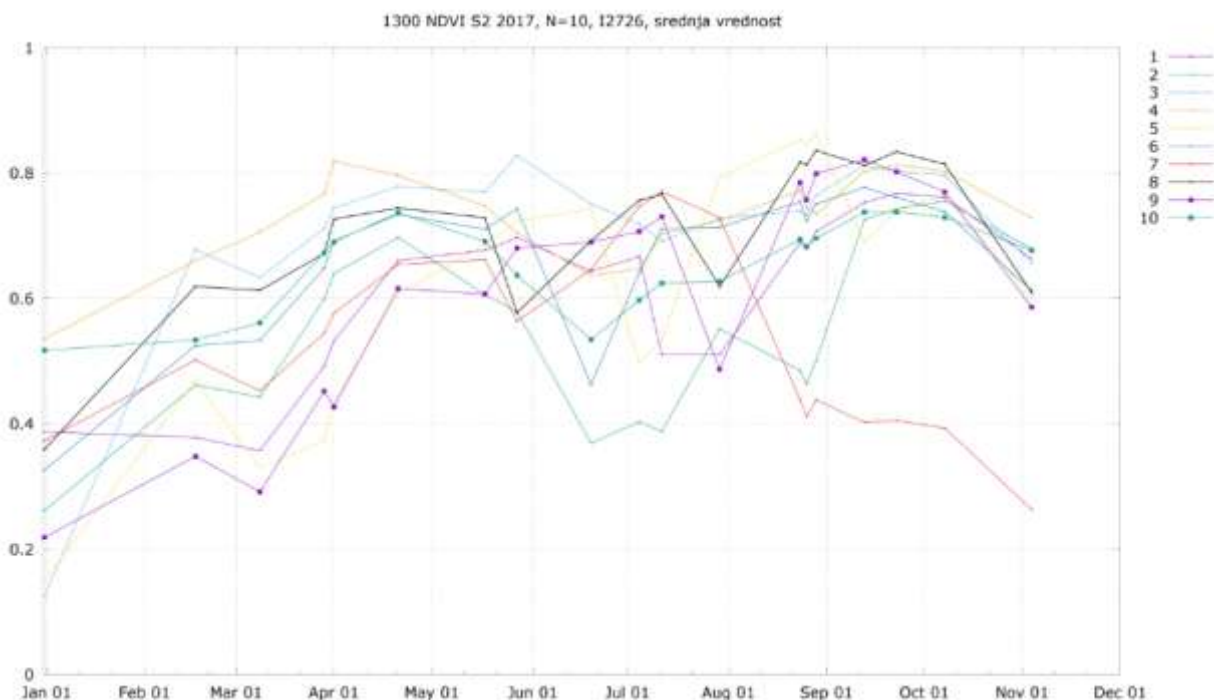
Slika 57: Časovni graf poligonov (standardni odklon) predstavljenih na Slika 55.

4.3.2.1 Sprememba travnika

Z analizo časovnih vrst smo pridobili sloj magnitude sprememb (Slika 58, levo), ki predstavlja izhodišče za nadaljnje analize poligonov s časovnimi grafi. Iz sloja izbranih poligonov trajnega travinja smo glede na magnitudo spremembe izbrali deset poligonov (Slika 58, desno) z največjo negativno magnitudo, ki bi lahko pomenila spremembo v letni fenologiji trajnega travnika.

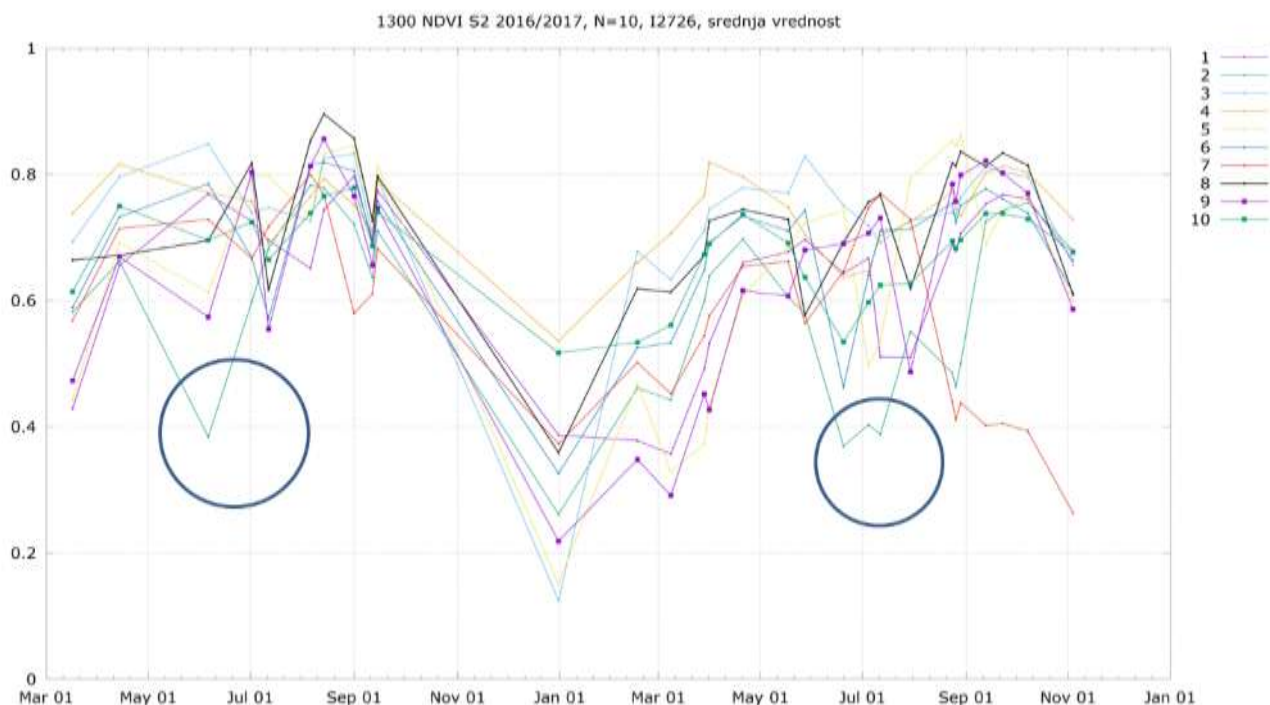


Slika 58: Sloj magnitude sprememb (levo), pridobljen z analizo časovnih vrst, ter vektorski sloj izbranih 10 poligonov trajnih travnikov za analizo časovnih grafov za list I2726 (izbrani poligoni so modro obrobjeni in oštevilčeni).



Slika 59: Časovni graf (srednja vrednost) 10 poligonov trajnih travnikov na listu I2726, izbranih glede na vrednost magnitude sprememb.

Časovni grafi razkrijejo, da sta najbolj sumljiva poligona št. 2 in št. 7. Ker imamo na voljo tudi podatke iz leta 2016, preverimo ali so se odkloni (anomalije) zgodili že v prejšnjem letu.



Slika 60: Časovni graf (srednja vrednost) za leti 2016 in 2017 za medletno primerjavo rastijskih ciklov izbranih poligonov trajnih travnikov na listu I2726.

Na zgornjem grafu (Slika 60) se osredotočimo na časovno krivuljo poligona št. 2 (obkroženo z modro), ki ima izrazit padec vrednosti NDVI tako v letu 2016 kot 2017. Vizualna interpretacija satelitskih

posnetkov Sentinel-2 razkrije anomalije – svetli piksli namreč predstavljajo površine brez ali z malo vegetacije.



Slika 61: Poligon št.2 na katerem smo zaznali anomalije tako v letu 2016 (levo) kot 2017 (desno).

Vrednotenje identificiranih sprememb je podano v 5.1.



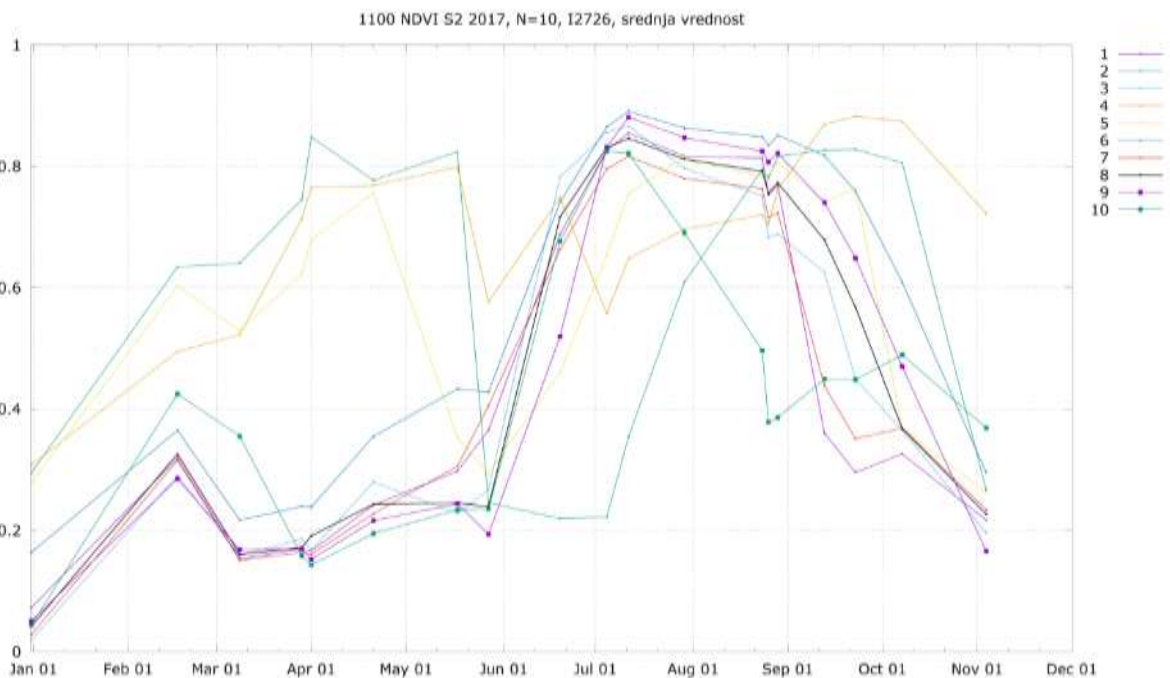
Slika 62: Sloja vrednosti magnitud sprememb za lista I2821 (levo) in J2824 (desno) za poligone trajnih travnikov.

4.3.2.2 Sprememba njive

V primeru njiv nas pri analizi časovnih vrst zanimajo poligoni njiv, ki niso bile preorane (se torej morebiti zaraščajo ali opuščajo). Pozorni smo na pozitivne vrednosti magnitude spremembe. Na podlagi vrednosti rezultatov časovnih vrst smo izbrali 10 poligonov njiv z najvišjo pozitivno magnitudo. Rezultate časovnih vrst za njive na listu I2726 prikazuje Slika 63.



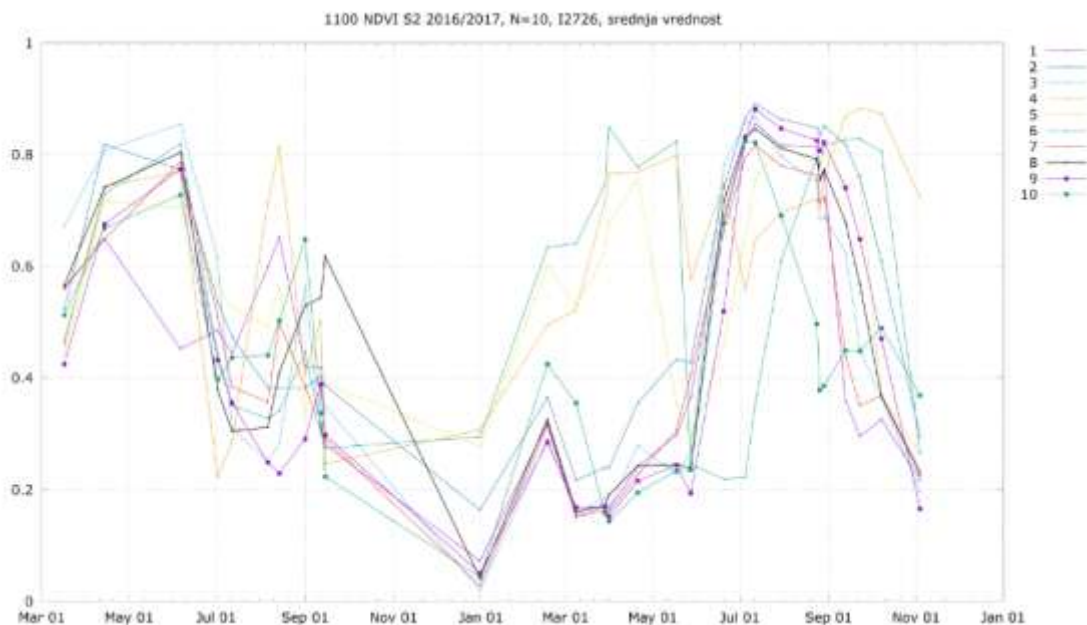
Slika 63: Sloj magnitude sprememb (levo), pridobljen z analizo časovnih vrst ter vektorski sloj izbranih 10 poligonov njiv za analizo časovnih grafov (desno).



Slika 64: Časovni graf (srednja vrednost) izbranih 10 poligonov njiv na listu I2726 glede na vrednost magnitude sprememb.

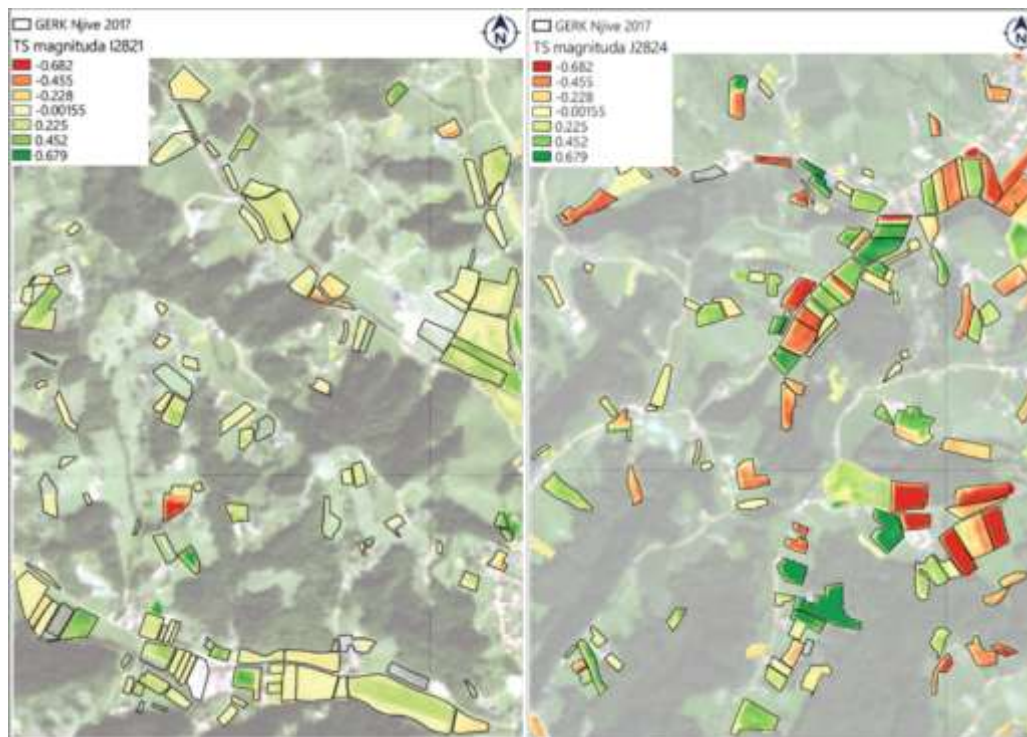
Časovni graf na Slika 64 razkrije, da je lahko sumljiv poligon št. 4, ki ima skozi rastno sezono razmeroma stabilne vrednosti NDVI, brez sledi oranja.

Pri ostalih poligonih anomalij nismo zaznali. To dejstvo nakazuje slabost metode časovnih vrst v primeru prekratke časovne vrste in za primer kolobarjenja njiv, saj je v takem primeru težko zaznati trend. Kolobarjenje je razvidno tudi iz spodnjega grafa (Slika 65). V letu 2016 so bila na večini obravnavanih njiv posejana žita (najvišja vrednost junija), v letu 2017 pa koruza, ki ima značilen potek časovnega grafa z minimumi zgodaj spomladi in konec jeseni.



Slika 65: Časovni graf (srednja vrednost) za leti 2016 in 2017 za medletno primerjavo rastnih ciklov izbranih poligonov njiv na listu I2726.

Slika 66 prikazuje sloja vrednosti magnitud sprememb za lista I2821 in J2824.



Slika 66: Sloja vrednosti magnitud sprememb za lista I2821 in J2824 za poligone njiv.

4.3.3 Zaznavanje sprememb z analizo neposredne primerjave dveh ali več posnetkov

Vhodni podatki

V analizo neposredne primerjave smo vključili ortofoto posnetke (0.5 m ločljivost), zelo visokoločljive satelitske posnetke Pléiades (izostreni na 0.5 m ločljivost) in visokoločljive satelitske posnetke Sentinel-2 (10 m ločljivost). Preglednica povzema pare primerjav za analizo sprememb glede na razpoložljive podatke (npr. podatki Pléiades so za časovno primerjavo razpoložljivi le za list J2824, podatke Sentinel-2 smo izbrali za izvedbo medletne primerjave).

Tabela 21: Pregled razpoložljivih podatkov za testiranje določanja sprememb z metodo neposredne primerjave para posnetkov. Testiranja smo nato izvedli na listu J2824.













Testni list	Ortofoto	Pléiades	Sentinel-2
J2824	2013, 2016	2014, 2016	2015, 2016, 2017
I2821	2013, 2016		2015, 2016, 2017
I2726	2013, 2016		2015, 2016, 2017

Tehnika zaznavanja sprememb

Tehnika zaznavanja sprememb je metoda neposredne primerjave para posnetkov ali izbranega območja. Tehnika temelji na algebri razlike na vsakem pikslu ter računanju odklona. Zahteva smiselno ter radiometrično primerljive podatke. Največkrat se uporablja za medletne primerjave stanj in določanje sprememb. V rezultat se zapišejo vse večje razlike med vrednostmi obeh posnetkov, ne zmore pa teh razlik karakterizirati (razložiti za kakšno spremembo gre). Razliko določimo na podlagi praga, zato je primerna predvsem za iskanje večjih oziroma intenzivnejših razlik. V testiranje smo jo vključili predvsem zaradi njene enostavnosti in dejstva, da za delovanje ne potrebuje dodatnih podatkov, niti posebnih prilagoditev (je generična). Učinkovitost ter ustreznost za namen študije (iskanje izbranih kategorij sprememb za potrebe olajšanja postopka obnove sloja rabe tal) smo preverili na podatkih visoke in zelo visoke ločljivosti.

Postopek

Metodo neposredne primerjave smo implementirali na dva načina, z obravnavo celotnega testnega območja hkrati ter ločeno po izbranih kategorijah rabe oziroma opazovanih kategorijah sprememb ter na virih različne prostorske ločljivosti. Za analizo sprememb usmerjeno po posameznih rabah smo za razdelitev na skupine rabe uporabili sloj raba 2013. Obravnavamo pet skupin: gozd in drevesa, kmetijsko, vinogradi, travniki in sadovnjaki. Ocenjevali smo tudi uporabnost metode neposredne primerjave za različne kategorije sprememb. Pokazalo se je, da metoda ni najbolj učinkovita na nehomogenih površinah, kot so gozdovi, sadovnjaki, za ti dve rabi bi bilo smiselno pristopiti z objektivno usmerjenim pristopom. Dobra stran pa je, da metoda ni občutljiva na prostorsko ločljivost podatkov. Na zelo visoko ločljivih virih podatkov se metoda sicer sooča tudi s precenjeno zaznavo razlik, predvsem zaradi visoke stopnje odklonov v legah senc in visokih objektov, ki so posledica različnega časa in/ali kota snemanj (slika spodaj). V analizi neposredne primerjave te razlike v podatkih povzročajo lažno detekcijo sprememb, ki v naravi to niso. Te napake je mogoče odpraviti v fazi poobdelave, bodisi z vizualno interpretacijo bodisi z upoštevanjem natančnega višinskega modela površja.

					
Ortofoto 2013	Ortofoto 2016	PL 2014-08	PL 2016-08	S2 2015-08	S2 2016-08
					
Ortofoto or	Ortofoto sum	PL or	PL sum	S2 or	S2 sum

Slika 67: Lega senc in visokih objektov, kot posledica različnih pogojev snemanja, povzroča lažno pozitivno zaznavo razlik. Največ težav za metodo neposredne primerjave imajo površine sadovnjakov in gozda. V teh dveh rabah je metoda nezanesljiva na virih podatkov zelo visoke ločljivosti ortofoto in Pléiades (pogojno uporabna ob vizualnem pregledu in prečiščevanju), uporabna pa je na območjih gozda na podatkih Sentinel-2.

Rezultati in vizualna ocena

V splošnem se pokaže, da pri analizi sprememb celotnega območja prevladujejo spremembe zaznane na njivskih površinah. To je pričakovano, glede na to, da so na njivah v različnih letih in le približno istem datumu lahko različne poljščine oziroma so te v različni rastni fazi ali kolobarju. Da bi lahko zajeli spremembe tudi na drugih rabah, smo postopek izpeljali še posamično po rabah (kmetijske površine, travniki, sadovnjaki, vinogradi in gozd) in opazovali raven zaznave sprememb. Pokaže se, da na ta način uravnotežimo zaznavo razlik po različnih rabah v kompleksnih pokrajinskih okoljih.

Testiranje splošne ali na rabe usmerjene zaznave sprememb pokaže, da bo splošna primerjava (celotno območje naenkrat) razlike našla predvsem na njivskih površinah, določene druge večje spremembe pa zaradi prevlade različnih stanj na njivskih površinah zato lahko tudi povsem spregledala. Na drugi strani se pokaže, da je pri obravnavi usmerjeni na posamezno rabo pri sadovnjakih in gozdu zaznava razlik (pod enakimi pogoji/parametri metode) pretirana. V luči uporabe te metode za zaznavo različnih sprememb je zato smiselno postaviti različne kriterije za različne rabe.

Kakovost zaznave sprememb na različnih virih podatkov je vhodni prostorski ločljivosti in radiometrični kakovosti podatkov primerna. Večji vpliv ima radiometrična kakovost podatkov ter velikost spektralnega prostora. Tu se pokaže, da je bližnji infrardeči spekter zelo pomemben za razlikovanje stanja vegetacije. Vizualna interpretacija kaže, da predvsem zmanjša delež spregledanih razlik (spregledanih razlik je manj na podatkih Sentinel-2 in Pléiades v primerjavi s podatki ortofota). Grobe napake rezultatov na podlagi ortofota so deloma tudi posledice slabše zmožnosti radiometričnega usklajevanja spektralnih kanalov zaradi razlik v zapisu barvnega prostora ortofotov. Kljub temu je metoda uspešna na vseh treh virih podatkov (Sentinel-2, Pléiades, ortofoto), s čimer smo potrdili njen generični značaj.

V nadaljevanju so podani rezultati identifikacije zaporedno glede na vhodni vir podatkov, in sicer najprej prikažemo rezultate obravnave vseh vrst sprememb na celotnem študijskem območju hkrati, nato pa še ločeno po posameznih vrstah kmetijske rabe. Na koncu izkoristimo še vključitev dodanih informacij iz postopka, ter na osnovi obravnave pozitivnega in negativnega znaka sprememb testiramo še zmožnosti zaznave sprememb travnika v njivo in zmožnosti zaznave sprememb njive v travnik..

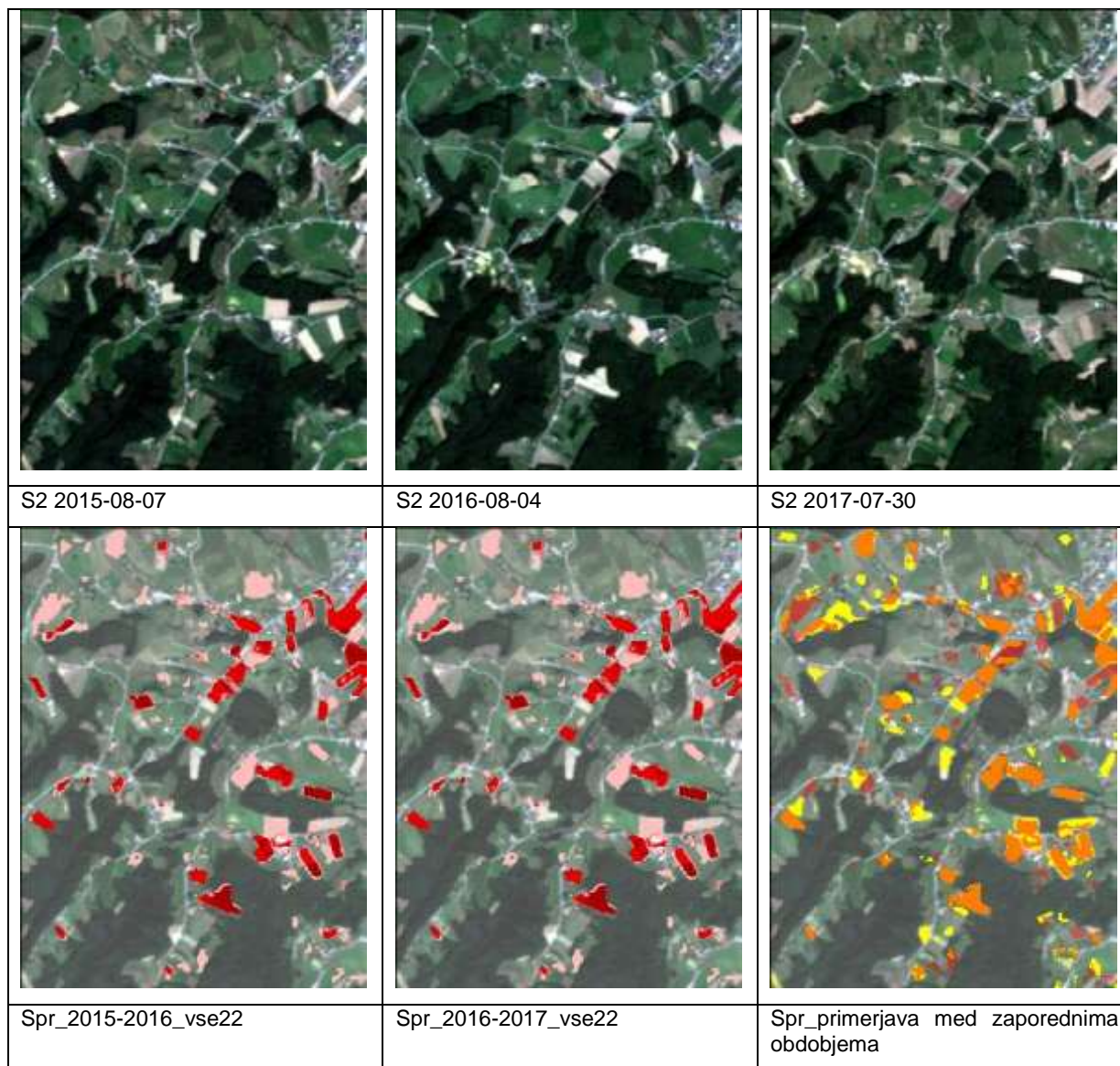
4.3.3.1 Identifikacija vseh vrst sprememb

V nadaljevanju rezultate prikažemo grafično, preko kart vhodnih podatkov in rezultatov testiranj. Pri vsakem viru podatkov najprej predstavimo rezultate, ki jih dobimo, če obravnavamo celotno območje




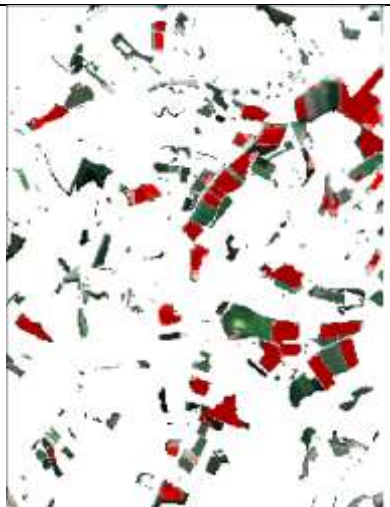
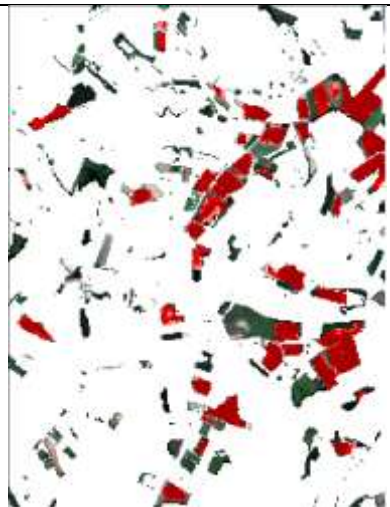

(list J2824) hkrati oziroma naenkrat, nato pa še posamezne rezultate, če primerjamo in iščemo razlike na t.i. skupinah rabe tal: kmetijska zemljišča, travniki, sadovnjaki, vinogradi ter gozd in drevesa.

Visokoločljivi satelitski posnetki Sentinel-2

Obravnavamo celotnega območja naenkrat na podatkih Sentinel2:





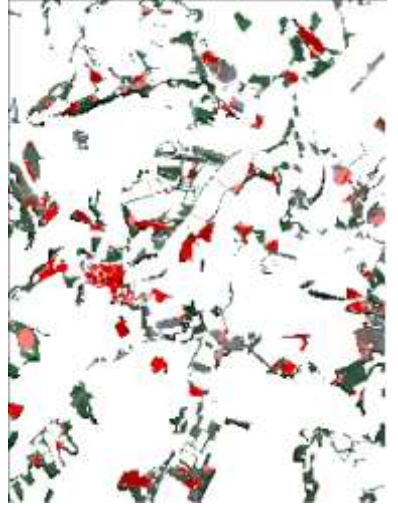



Slika 68: Primer rezultata analize sprememb na podatkih Sentinel-2 na listu J2824. Zgoraj satelitski podatki Sentinel-2 za leta 2015, 2016 in 2017, spodaj karta večjih sprememb iz obravnave celotnega območja. Intenziteta barve predstavlja potrditev zaznane spremembe v več spektralnih kanalih (svetlo rdeča pomeni zaznavo v enem spektralnem kanalu, temno rdeča pa v vseh štirih). Karta spodaj desno prikazuje: v rumeni vse spremembe (najbolj ohlapni kriterij) zaznane v obdobju 2015-2016, v rjavi vse spremembe zaznane v 2016-2017 ter v oranžni spremembe zaznane v obeh primerjanih obdobjih. Večina sprememb se nanaša na njive. Prag za razlike predstavljajo razredi standardnega odklona v podobi razlik, v tem primeru je nastavljen na iskanje intenzivnih, večjih razlik, $STD > 2$).

		
S2 2015-08-07_km	S2 2016-08-04_km	S2 2017-07-30_km
		
Spr_2015-2016_22-3_km (strožji kriterij – v min. 2 sp. kanalih)	Spr_2016-2017_22-3_km (strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	Spr_primerjava med zaporednima obdobjema




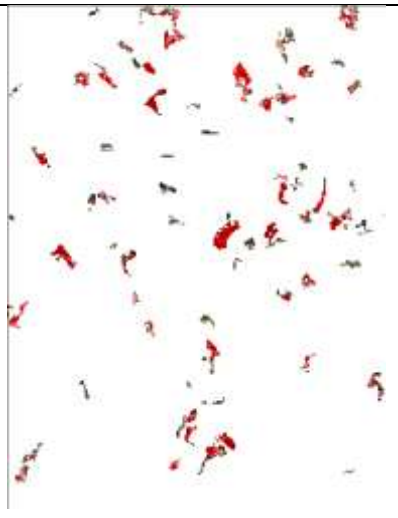


Slika 69: Spremembe zaznane na kmetijskih površinah na listu J2824. Druga vrstica kaže vse večje spremembe, ki so zaznane/potrjene v najmanj dveh od štirih spektralnih kanalov.

Obravnava travnikov (RABA 1300) na podatkih Sentinel2

		
S2 2015-08-07_tr	S2 2016-08-04_tr	S2 2017-07-30_tr
		
Spr_2015-2016_22-3_tr (strožji kriterij – v min. 2 sp. kanalih)	Spr_2016-2017_22-3_tr (strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	Spr_primerjava med zaporednima obdobjema




Slika 70: Spremembe zaznane na travnikih na listu J2824.

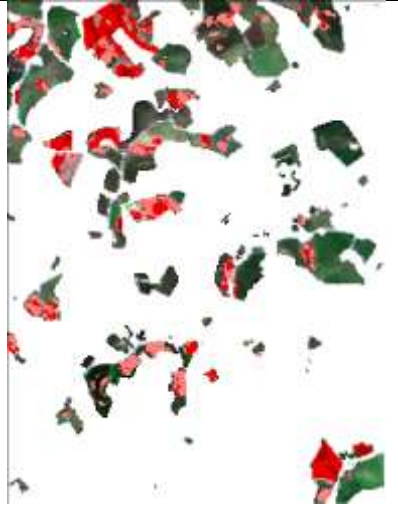
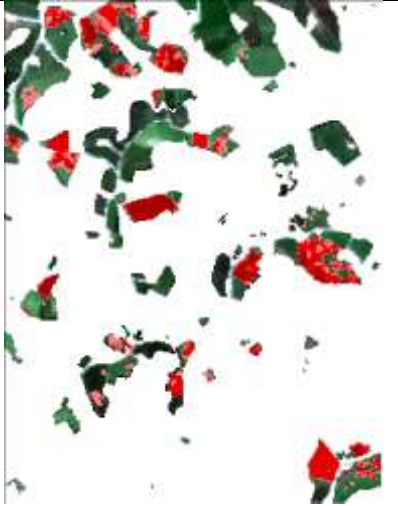

Obravnava sadovnjakov (RABA 1221, 1222, 1240) na podatkih Sentinel2

		
S2 2015-08-07_sa	S2 2016-08-04_sa	S2 2017-07-30_sa
		
Spr_2015-2016_22-3_sa (strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	Spr_2016-2017_22-3_sa (strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	Spr_primerjava med zaporednima obdobjema

Slika 71: Spremembe zaznane na sadovnjakih na listu J2824.







Obravnava vinogradov (RABA 1211) na podatkih Sentinel2:

		
S2 2015-08-07_vi	S2 2016-08-04_vi	S2 2017-07-30_vi

		
Spr_2015-2016_22-3_vi (strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	Spr_2016-2017_22-3_vi (strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	Spr_primerjava med zaporednima obdobjema

Slika 72: Spremembe zaznane na vinogradih na listu J2824.

Obravnavava gozda (RABA 2000, 1500, 1420) na podatkih Sentinel2:

		
S2 2015-08-07_go	S2 2016-08-04_go	S2 2017-07-30_go
		
Spr_2015-2016_22-3_go	Spr_2016-2017_22-3_go	Spr_primerjava med zaporednima

(strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	(strožji kriterij – v min 2 sp. kanalih)	obdobjema
--	--	-----------

Slika 73: Spremembe zaznane na območjih gozda in dreves na listu J2824.

Zaznava razlik je pretirana za sadovnjake, saj skoraj v celoti površine sadovnjakov prepozna za razlike, metoda neposredne primerjave na podatkih Sentinel-2 za sadovnjake ni primerna. Zaznava razlik je deloma pretirana tudi za skupino gozd in drevesa, saj prestreže vse razlike v podatkih (sence, fotosintetsko aktivnost, spremembe). S strožjimi kriteriji (razlika je potrjena v vseh štirih spektralnih kanalih) je mogoče omejiti razlike v gozdu na večje, intenzivnejše spremembe (npr. poseka).

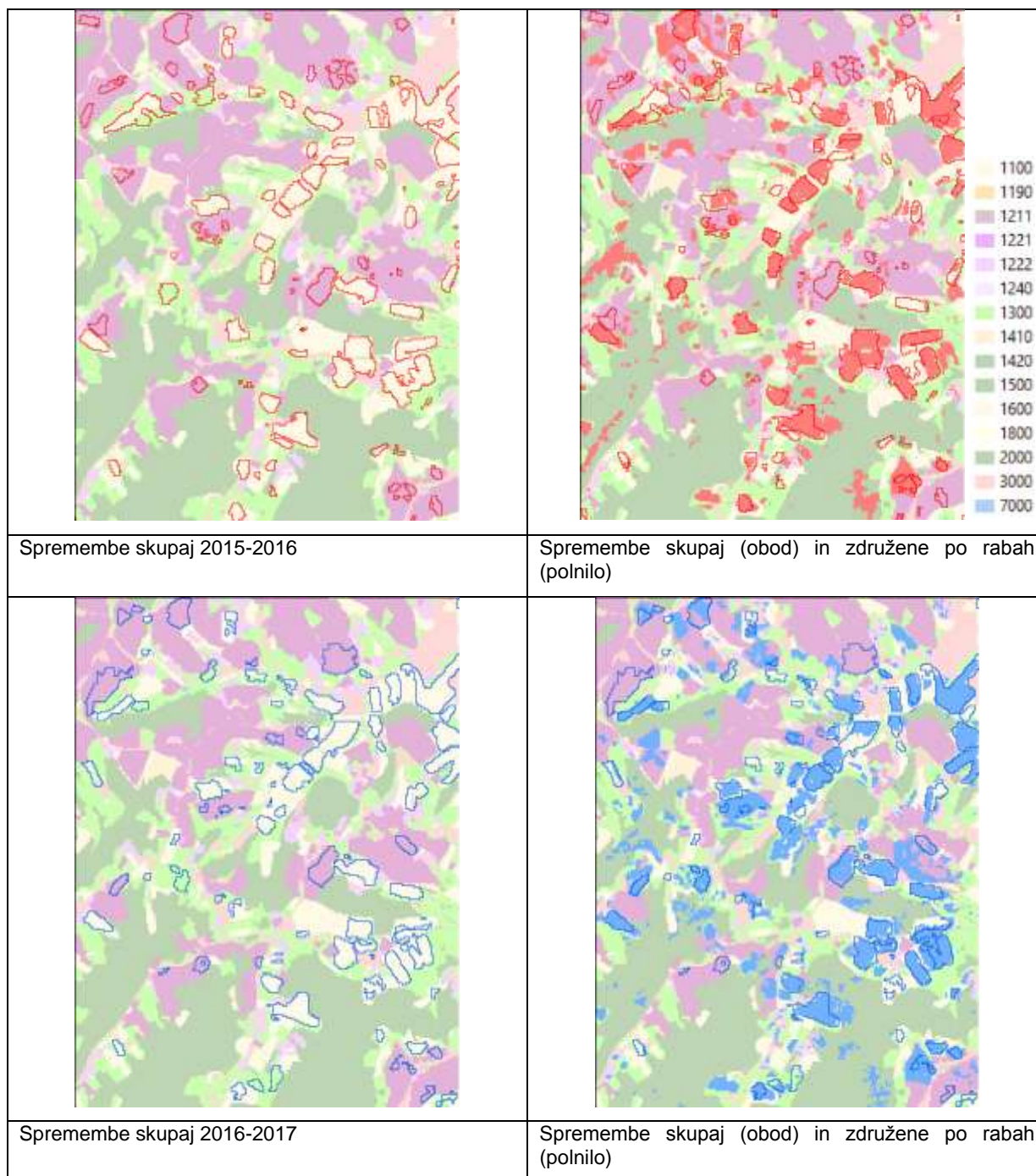
S prilagoditvijo nastavitve kriterija za nivojsko obravnavo lahko dodatno nadzorujemo hkrati površinsko in intenzitetno raven zaznanih razlik. Pri tem se ohranijo vse intenzitetno velike razlike, zmanjšamo pa obseg, razprostranjenost zaznanih razlik.

Za njive, travnike in vinograde je metoda primerna, potrebna pa je smiselna interpretacija, saj so v rezultatu podane razlike najdene med podatki in stanji dveh datumov, kar zlasti pri njivah ne pomeni dejanske spremembe rabe. Pri travnikih in vinogradih se lahko z usmerjenim opazovanjem negativnih in pozitivnih sprememb opredelimo ali je prišlo do preoranja travnika oziroma krčitve vinograda ali ozelenjevanja. Pomemben dejavnik je tudi velikost in oblika zemljišča. Metoda rezultat poda za vsak piksel, pri tem je najmanjša enota opazovanja ranga 100 m², vendar se na takšen podatek ne smemo zanašati brez pregleda okolice in samega konteksta zaznane razlike na vhodnih podatkih. Za majhne ali ozke površine je metoda na podatkih Sentinel-2 uporabna le pogojno.

Ker sloj razlik iz združenih posamičnih rab za spremembe opredeljuje razmeroma velik delež površine, je smiselno kriterije zaostri. Kot primerno se je izkazalo, da lahko upoštevamo le razlike, ki jih potrjujejo trije ali vsi štirje spektralni kanali. Metoda je uspešna tako pri zaznavanju razlik, ki se raztezajo na velikih površinah kot manjših (primer v gozdu), kar je posledica pikselske obravnave. Ker povzema tudi razlike v fotosintetski aktivnosti vegetacije, je v sloju sprememb znaten delež lažno pozitivnih razlik (npr. razlika v stanju vinograda ne pomeni nujno krčitve oziroma večjih del preurejanja vinograda, lahko je posledica sušnih razmer v tleh).

Ločljivost podatkov Sentinel-2 je 10 m, najmanjša enota opazovanja v naravi s temi podatki je 100 m², ki jo predstavlja en piksel. Podatki Sentinel-2 skupaj z metodo neposredne primerjave med leti so za postopek obnove sloja rabe lahko zgolj grobo usmerjevalni, saj ne zmorejo zajeti zahtevanih prostorskih podrobnosti in detajlov. Prednost podatkov Sentinel-2 je njihova dobra časovna razpoložljivost, ta omogoča bodisi vizualno spremljanje dogajanja na zemljišču, bodisi kompleksnejše časovne analize iz katerih lahko sklepamo o (ne)aktivnostih na zemljišču. Bistveno večji domet uporabe podatkov Sentinel-2 za analizo sprememb za potrebe obnove sloja rabe je z uporabo analize časovnih vrst ter spremljanjem izbrane kategorije sprememb (npr. sprememba travnika v njivo).

Primerjava količine in razporeditve zaznanih razlik, če obravnavamo celoten posnetek (območje) naenkrat in ko obravnavamo po posameznih skupinah rabe tal potrdi, da z ločeno obravnavo razlike zaznavamo bolj uravnoteženo med vsemi rabami, omogoča pa tudi intenzivnejšo prepoznavo razlik, torej večji delež razlik (poveča raven in količino površin, ki so si med datumoma različne).

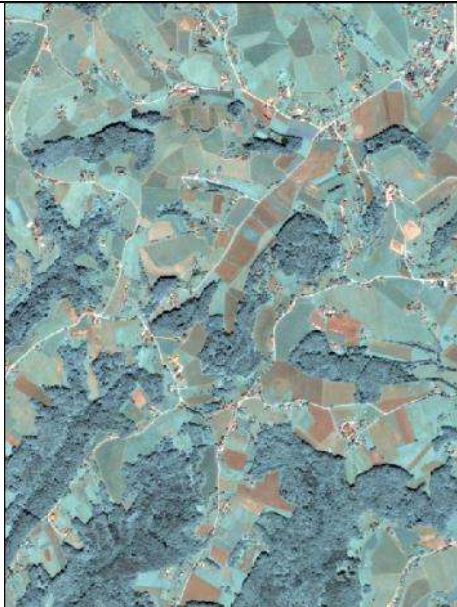


Slika 74: Primerjava količine in razporeditve zaznanih razlik, če obravnavamo celoten posnetek (območje) naenkrat (obod) in ko obravnavamo po posameznih skupinah rabe tal (polnilo), na ozadju skupine rabe tal. Sloj sprememb vse rabe hkrati zajema katerokoli spremembo, ki jo potrdi vsaj en spektralni kanal, sloj sprememb po posameznih rabah pa upošteva strožji pogoj, in sicer samo spremembe, ki jih potrjuje trije ali štiri spektralni kanali hkrati. Zgoraj za par posnetkov 2015-2016, spodaj za 2016-2017.

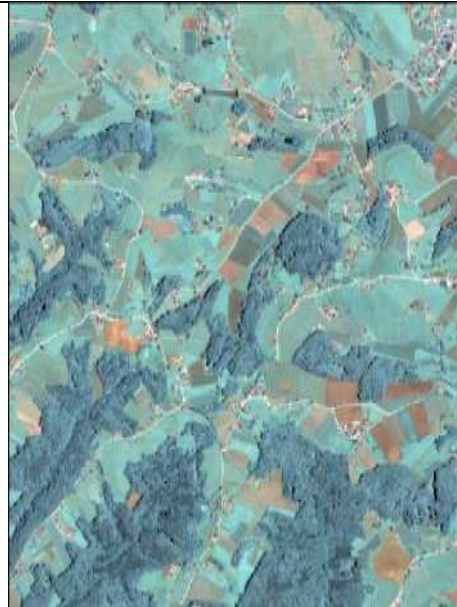
Zelo visokoločljivi satelitski posnetki Pléiades

Postopek smo izvedli na podatkih Pléiades (4 spektralni kanali), vendar smo jih zaradi računske zahtevnosti prevzorčili iz ločljivosti 0.5 m na ločljivost 1 m. Obravnavali smo pomladanski in poletni par primerjav za leti 2014 in 2016. Rezultati se nanašajo na list J2824. Upoštevamo le območja zaznanih razlik, ki imajo površino večjo ali enako 100 m².

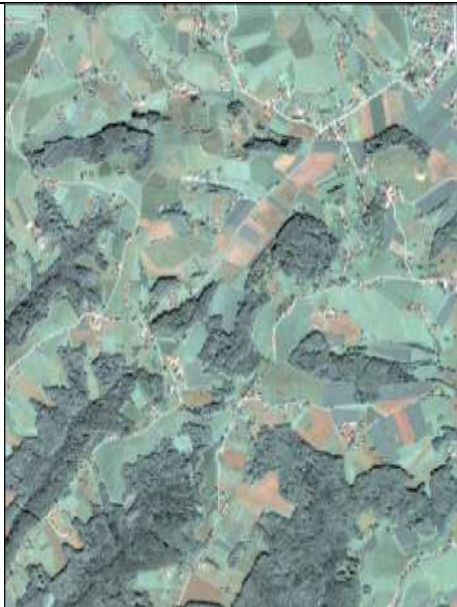
Obravnava celotnega območja naenkrat na podatkih Pléiades, za pomladanski in za poletni par posnetkov ter za strožji in milejši prag določitve razlik:



Pléiades 2014-06-26



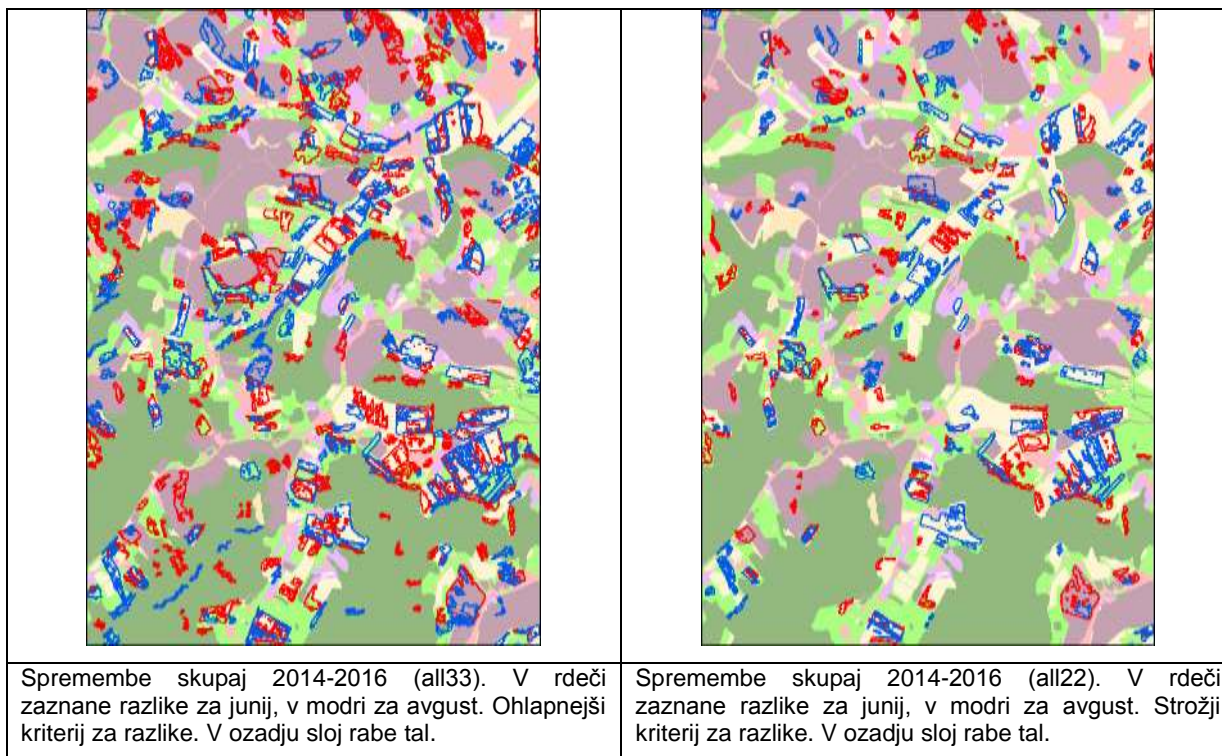
Pléiades 2016-06-21



Pléiades 2014-08-17



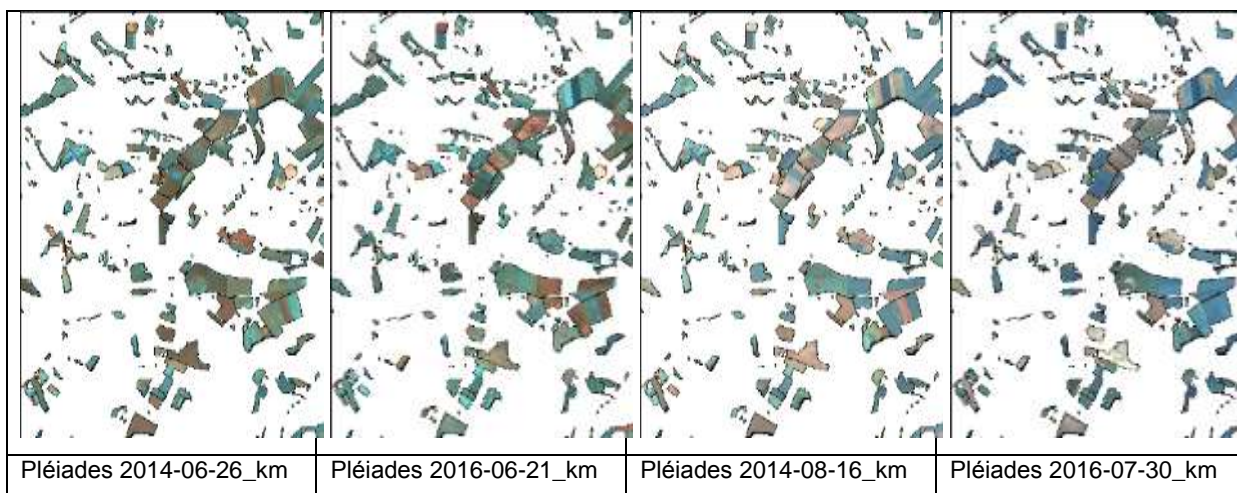
Pléiades 2016-07-30

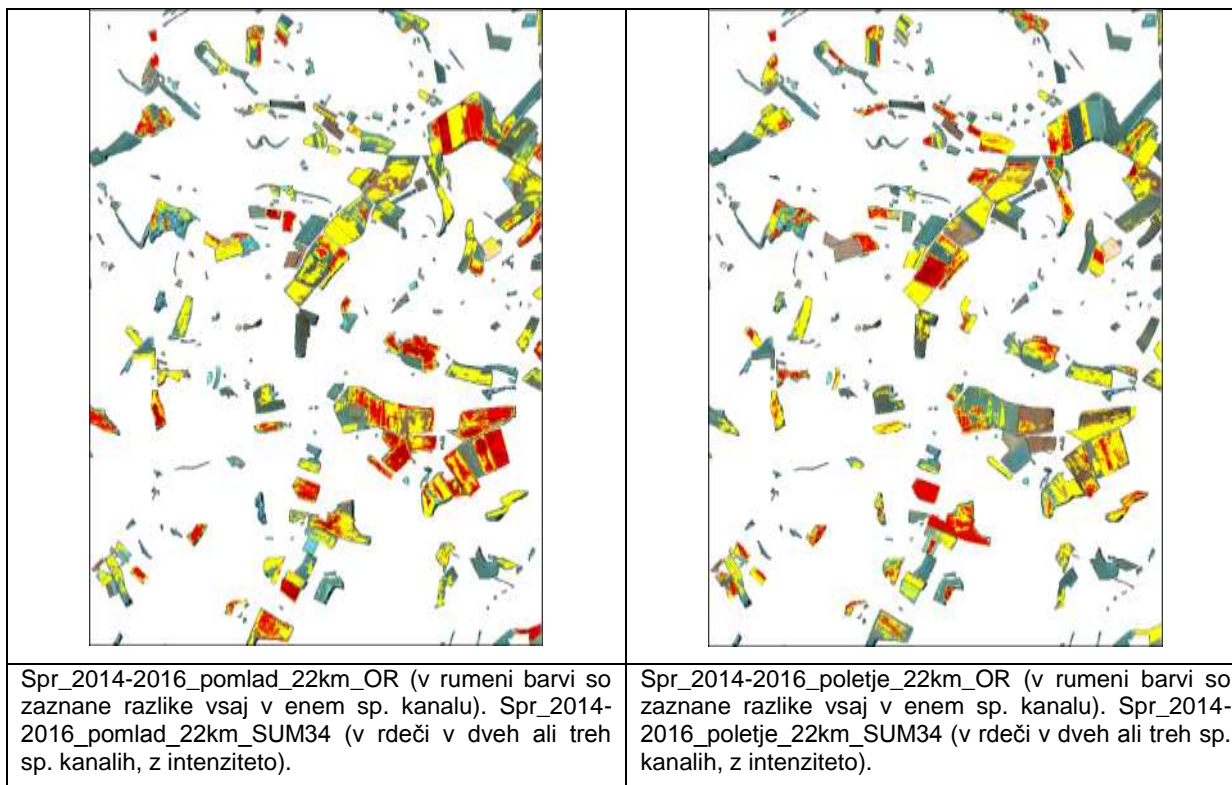


Slika 75: Primer rezultata analize sprememb na podatkih Pléiades na listu J2824. Zgoraj podatki Pléiades pomladanska posnetka 2014, 2016, na sredini poletna posnetka, spodaj karta večjih sprememb iz obravnave celotnega območja. Karta spodaj levo prikazuje: v rdeči vse spremembe (bolj ohlapni kriterij: $STD > 1.5$) zaznane v pomladnem obdobju, v modri vse spremembe zaznane v poletnem obdobju. Slika spodaj desno prikazuje enako, le ob strožjem kriteriju za prag prepoznanih razlik ($STD > 2$).

Za analizo sprememb usmerjeno po posameznih rabah smo za razdelitev na skupine rabe uporabili sloj raba 2013. Združevanje posameznih kategorij rabe v skupine je identično kot pri podatkih Sentinel-2. Obravnavamo pet skupin: gozd in drevesa, kmetijsko, vinogradi, travniki in sadovnjaki. Slike v nadaljevanju prikazujejo dobljene rezultate po posameznih rabah.

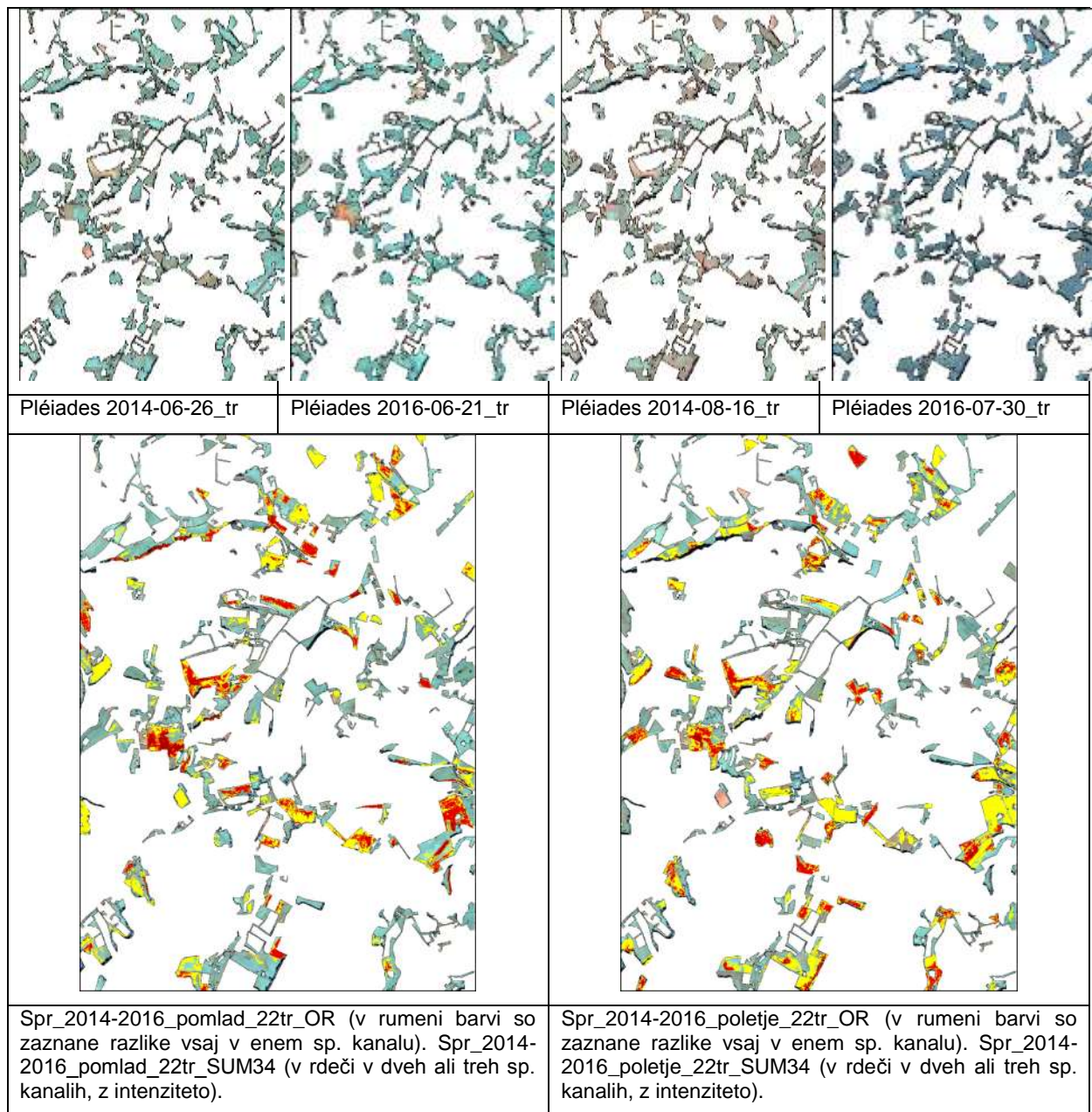
Obravnava kmetijskih zemljišč na podatkih Pléiades:





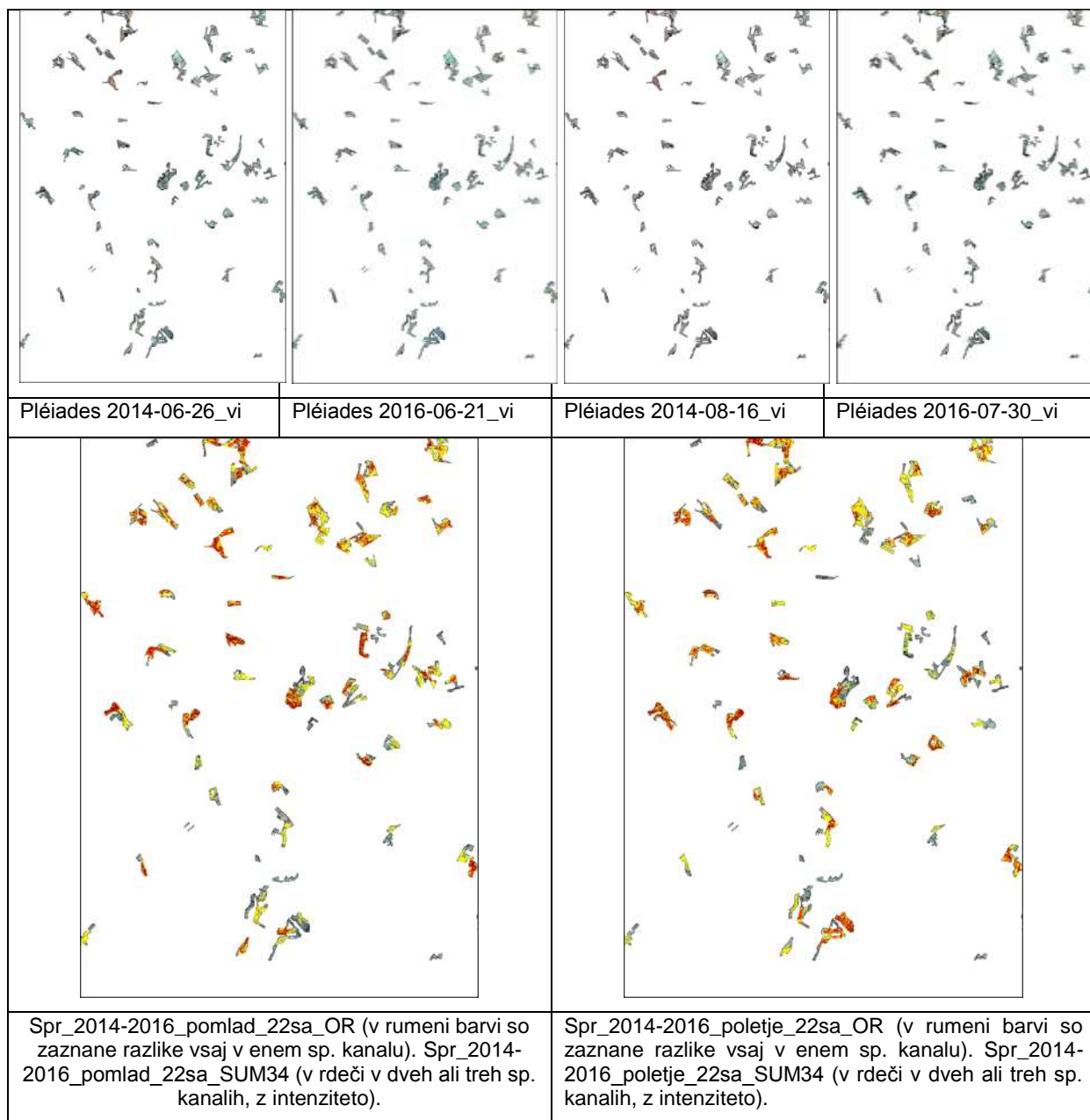
Slika 76: Spremembe zaznane na kmetijskih površinah na podatkih Pléiades na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja kmetijskih zemljišč v štirih datumih, dva pomladanska, dva poletna za leti 2014 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe ($STD > 2$) zaznane v vsaj enem od štirih spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrdijo trije ali štirje spektralni kanali. Levo je za pomladanska posnetka, desno za poletna.

Obravnava travnikov na podatkih Pléiades:



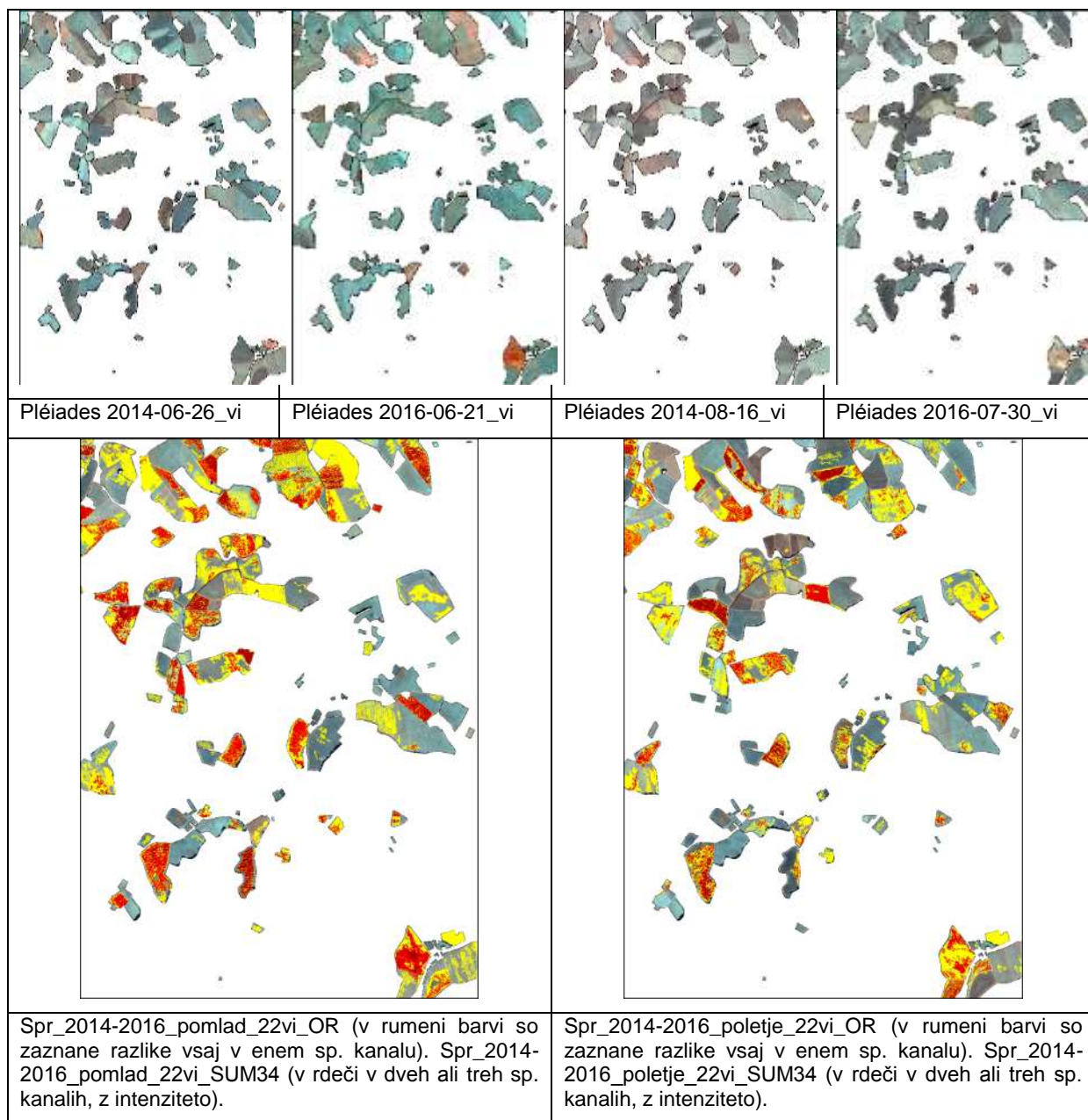
Slika 77: Spremembe zaznane na travnikih na podatkih Pléiades na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja travnikov v štirih datumih, dva pomladanska, dva poletna za leti 2014 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe ($STD > 2$) zaznane v vsaj enem od štirih spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrjuje trije ali štirje spektralni kanali. Levo je za pomladanska posnetka, desno za poletna.

Obravnavna sadovnjakov na podatkih Pléiades:



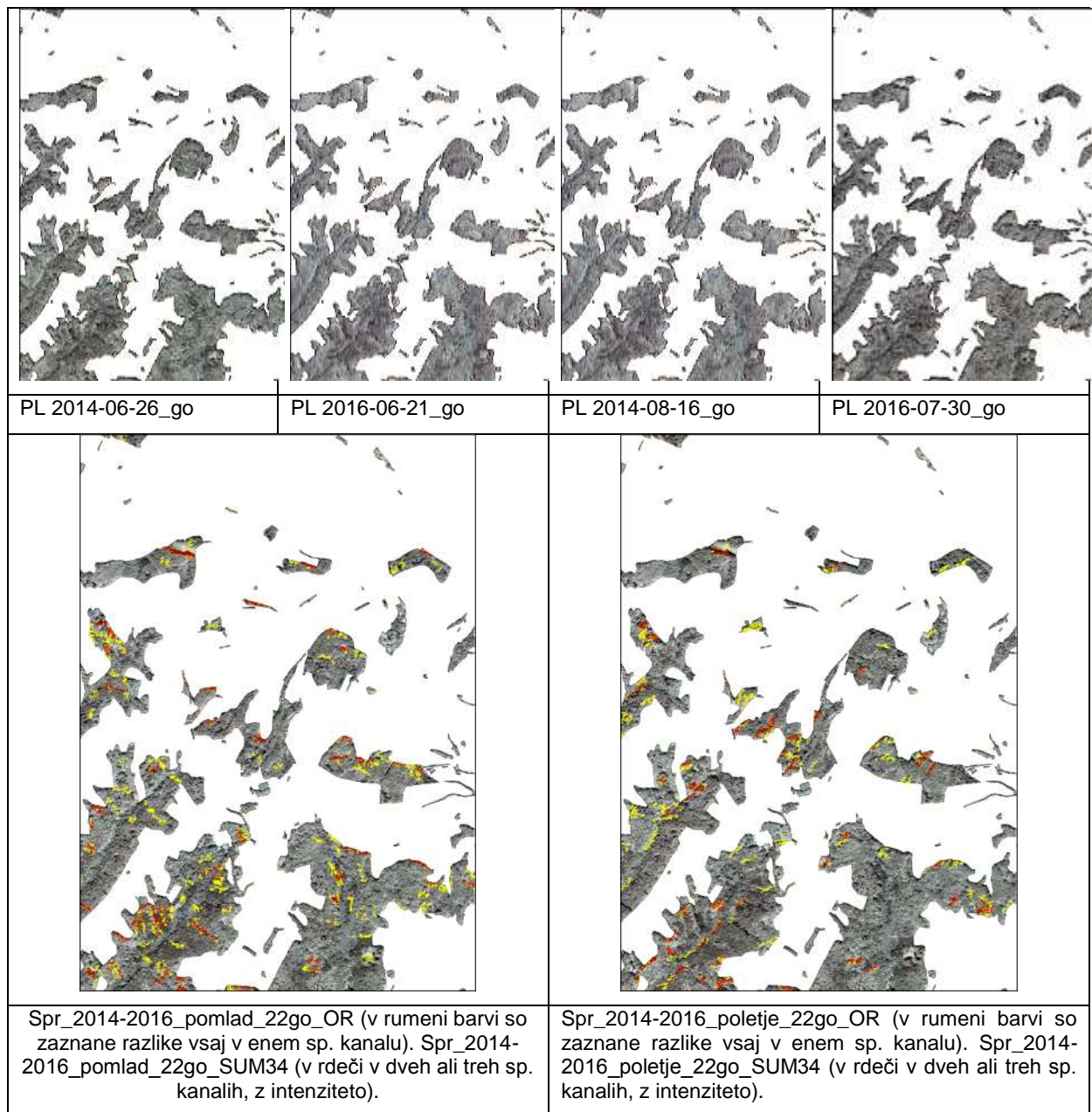
Slika 78: Spremembe zaznane na sadovnjakovih na podatkih Pléiades na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja sadovnjakov v štirih datumih, dva pomladanska, dva poletna za leti 2014 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe ($STD > 2$) zaznane v vsaj enem od štirih spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrdijo trije ali štirje spektralni kanali. Levo je za pomladanska posnetka, desno za poletna.

Obravnavna vinogradov (RABA 1211) na podatkih Pléiades:



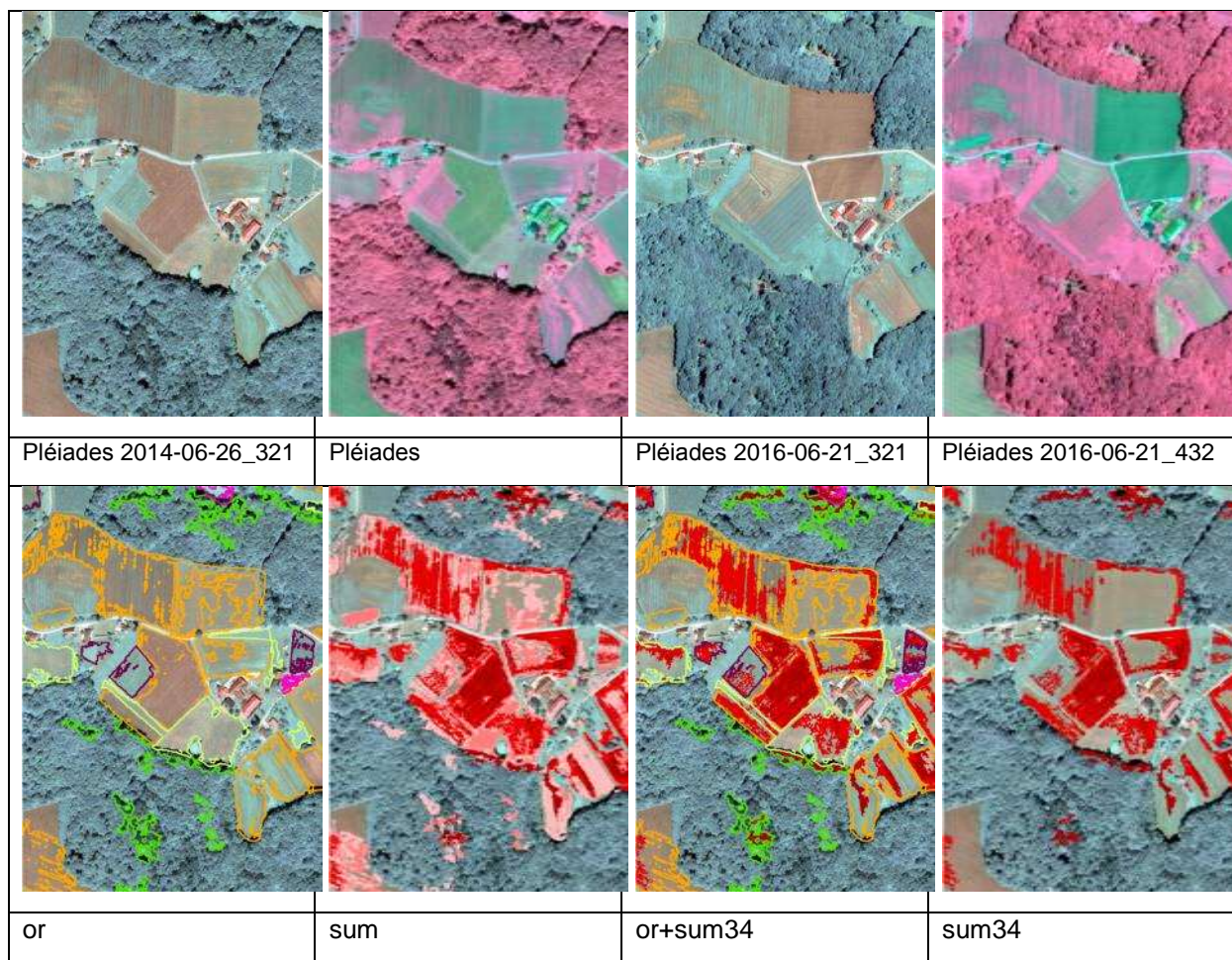
Slika 79: Spremembe zaznane na vinogradih na podatkih Pléiades na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja vinogradov v štirih datumih, dva pomladanska, dva poletna za leti 2014 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe ($STD > 2$) zaznane v vsaj enem od štirih spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrdijo trije ali štirje spektralni kanali. Levo je za pomladanska posnetka, desno za poletna.

Obravnava gozda in dreves na podatkih Pléiades:



Slika 80: Spremembe zaznane na gozdu in drevesih na podatkih Pléiades na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja gozda in dreves v štirih datumih, dva pomladanska, dva poletna za leti 2014 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe ($STD > 2$) zaznane v vsaj enem od štirih spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrdijo trije ali štirje spektralni kanali. Levo je za pomladanska posnetka, desno za poletna.

Detalji zmožnosti zaznave razlik na izseku podatkov Pléiades:



Slika 81: Zgoraj izseki posnetka Pléiades v pomladanskih datumih (levo v 3-kanalnem kompozitu spektralnih kanalov v vidnem spektru, 321, desno z bližnjem infrardečim, 432). Spodaj prikaz zaznanih razlik po posameznih skupinah rabe (kmetijska zemljišča v oranžni, travniki v svetlo zeleni, vinogradi v bordo, sadovnjaki v magenti in gozd v zeleni), in sicer od leve proti desni: v barvnih obodih (po skupinah rabe) vse zaznane razlike v vsaj enem spektralnem kanalu, vse zaznane razlike po intenziteti zaznave v spektralnih kanalih (od svetlo rdeče v enem spektralnem kanalu, do temno rdeče v vseh štirih), v barvnih obodih vse zaznane razlike, a pri strožjem kriteriju (potrjene v treh ali štirih spektralnih kanalih), ter skrajno desno shema zaznanih razlik za usmerjanje, upoštevaje le strožje kriterije za potrditev razlik ($STD > 2$, razlike potrjene v treh ali štirih spektralnih kanalih).

Načeloma metoda uspešno prepoznava konverzije rabe. Ta izsek pa smo izbrali, da prikažemo nekaj problematičnih situacij. Iz primera je razvidno, da metoda uspešno zaznava razlike med posnetkoma, vendar shema razlik vsebuje veliko lažno pozitivnih, npr. gozdni rob zaradi lege senc, različna stanja poljščin, medtem, ko ob strožjem kriteriju (razliko naj potrdijo trije ali štiri spektralni kanali) lahko tudi spregleda spremembo, npr. v zgornji zaplati gozda, približno na sredini, saj jo za večjo razliko potrdi le bližnji infrardeči kanal (zgolj svetlo rdeč odtenek), nasproti razlikam zaradi senc v gozdu, ki jih razpozna tudi več spektralnih kanalov. Zaznane razlike na njivah (oranžen obod) ne povzemajo zgolj konverzij, marveč tudi razlike v posevkih in stanju (vlažnosti) prsti. Zelo velike razlike praviloma potrjujejo vsi spektralni kanali (njiva nepravilne oblike na sredini izseka). Vinograda na levi strani (bordo obod) sta opredeljena z različno intenziteto razlik (tudi zelo veliko), najverjetneje pa gre zgolj za razliko v fenološki fazi razvoja vinograda ali vlagi prsti in ne konverzijo rabe.

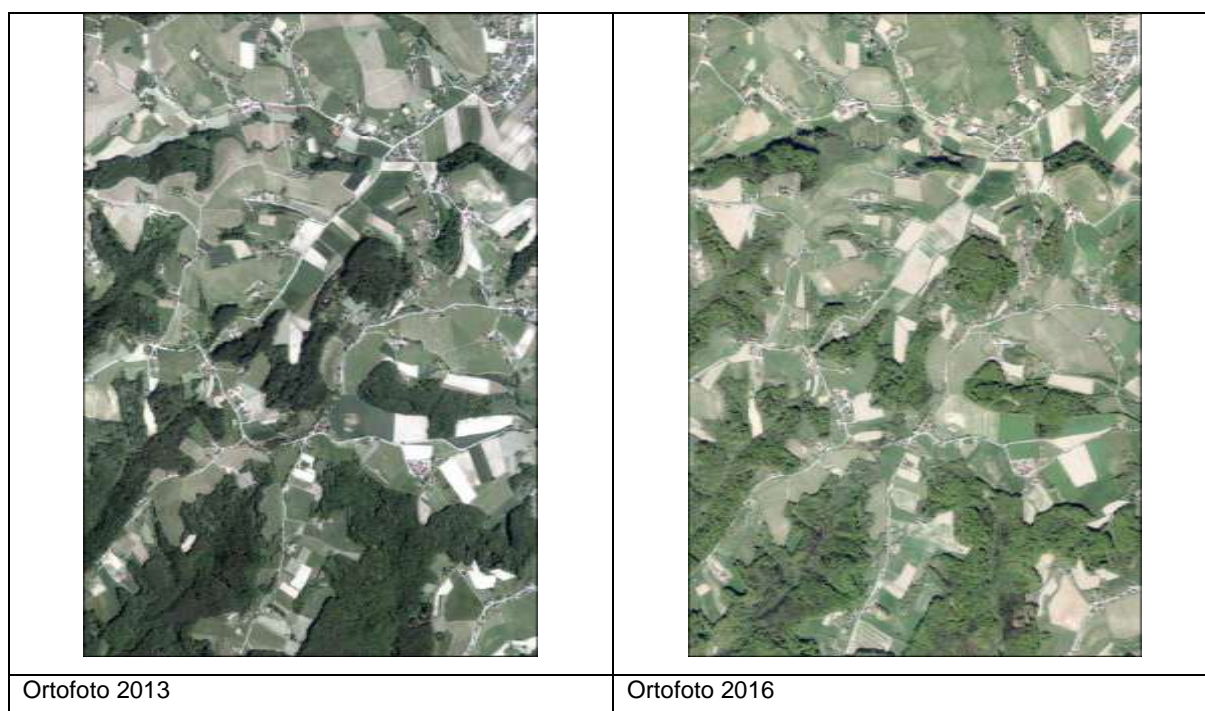
Primer na izseku pokaže, da je vendarle treba biti zelo previden, kako postavimo kriterije za to, kaj razpoznamo za razliko, ki je potencialna kandidatka tudi za spremembo v rabi ali pokrovnosti. Na splošno lahko kriterije za prag razlike (kakšen standardni odklon v podobi razlik še toleriramo) zaostriamo, na ta način bomo zaznavo usmerili na res večje, intenzivnejše razlike, zmanjšale se bodo površine označene z razliko. Na drugi strani pa primer na izseku pokaže, da pri kriteriju potrditve

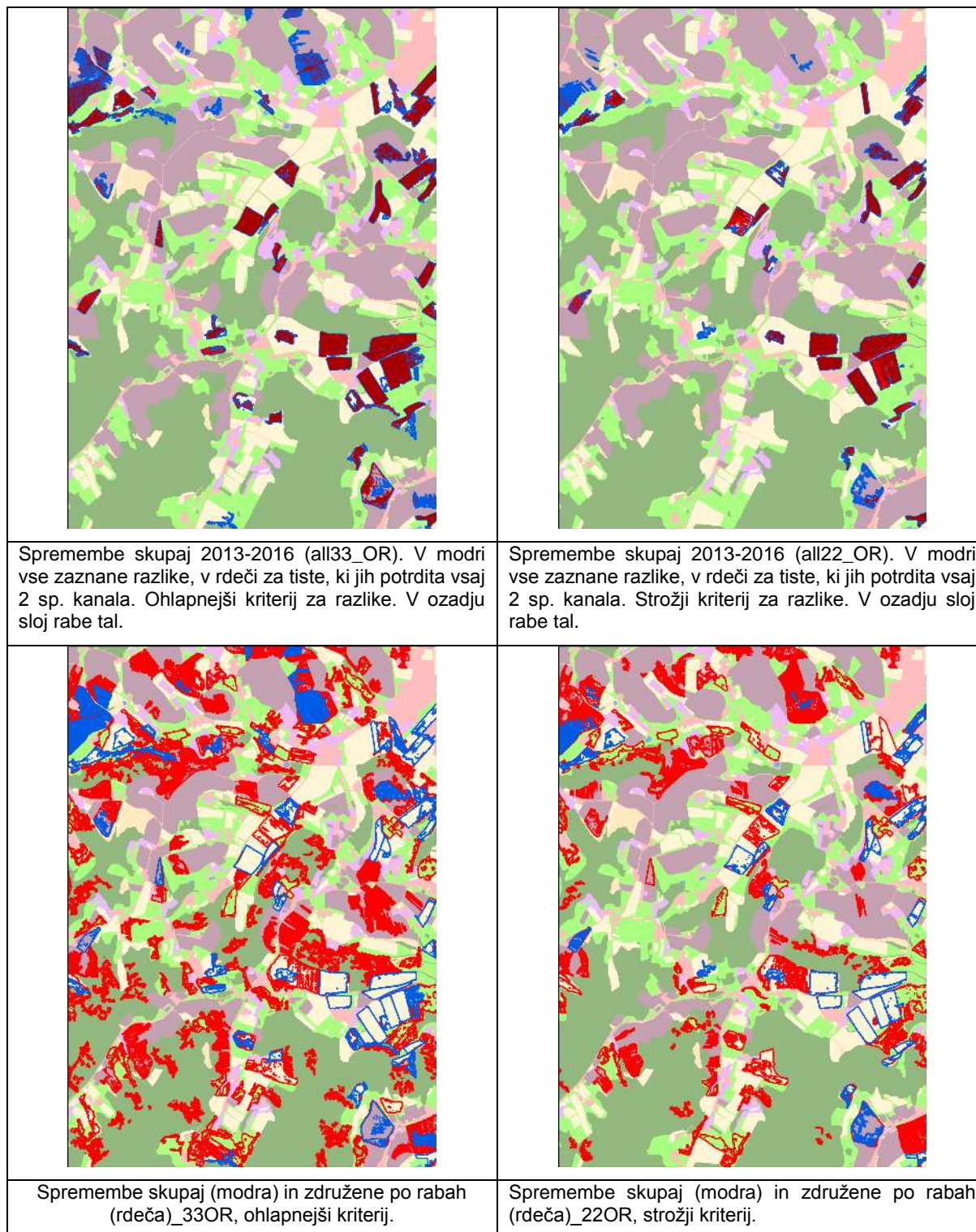
razlike v spektralnem prostoru ne smemo biti preveč rigorozni. Še več, odvisno od posamezne skupine rabe tal ali pokrovnosti ter namena analize sprememb na posamezni rabi je ta kriterij smiselno za različne skupine rabe različno opredeliti, zato je težje določljiv. Za podatke Pléiades, pa tudi druge, je torej smiselno upoštevati obe informaciji, informacijo, ki jo potrди nastavljeni prag in informacijo o intenziteti v spektralnem prostoru (dva ali več spektralnih kanalov).

Zelo visokoločljivi ortofoto

Ortofoto vsebuje tri spektralne kanale v vidnem spektru, v prostorski ločljivosti 0.5 m. Analizo sprememb smo lahko opravili neposredno brez prilagajanja podatkov v nižjo ločljivost. Slike v nadaljevanju prikazujejo dobljene rezultate, za hkratno obravnavo celotnega lista in nato po posameznih rabah.

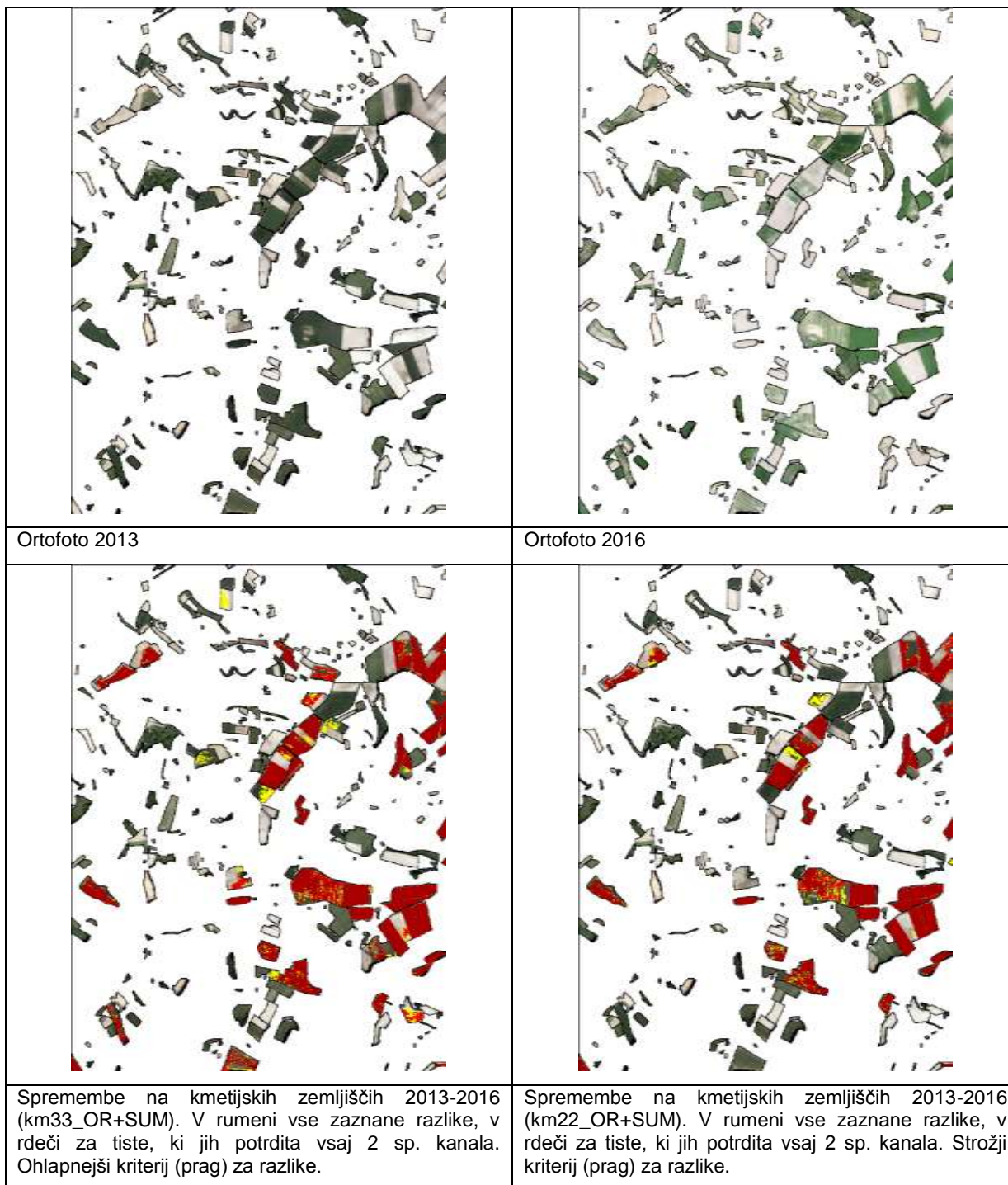
Obravnava celotnega območja naenkrat na podatkih ortofota za obdobje 2013 in 2016 ter rezultati prepoznavne razlik (strožji in milejši prag določitve razlik), na koncu tudi primerjava z zaznanim vzorcem razlik združenih po usmerjenem pristopu (tj. po posameznih skupinah rabe):





Slika 82: Primer rezultata analize sprememb na podatkih DOF na listu J2824. Zgoraj podatki ortofota za leto 2013 in 2016, spodaj karta večjih sprememb iz obravnave celotnega območja. Karta spodaj levo prikazuje: v modri vse zaznane razlike in v rdeči tiste, ki jih potrdijta vsaj dva kanala (ter bolj ohlapni kriterij za določitev praga sprememb, prag nastavljen na $STD > 1.5$). Slika spodaj desno prikazuje enako, le ob strožjem kriteriju za prag prepoznanih razlik (prag nastavljen na $STD > 2$).

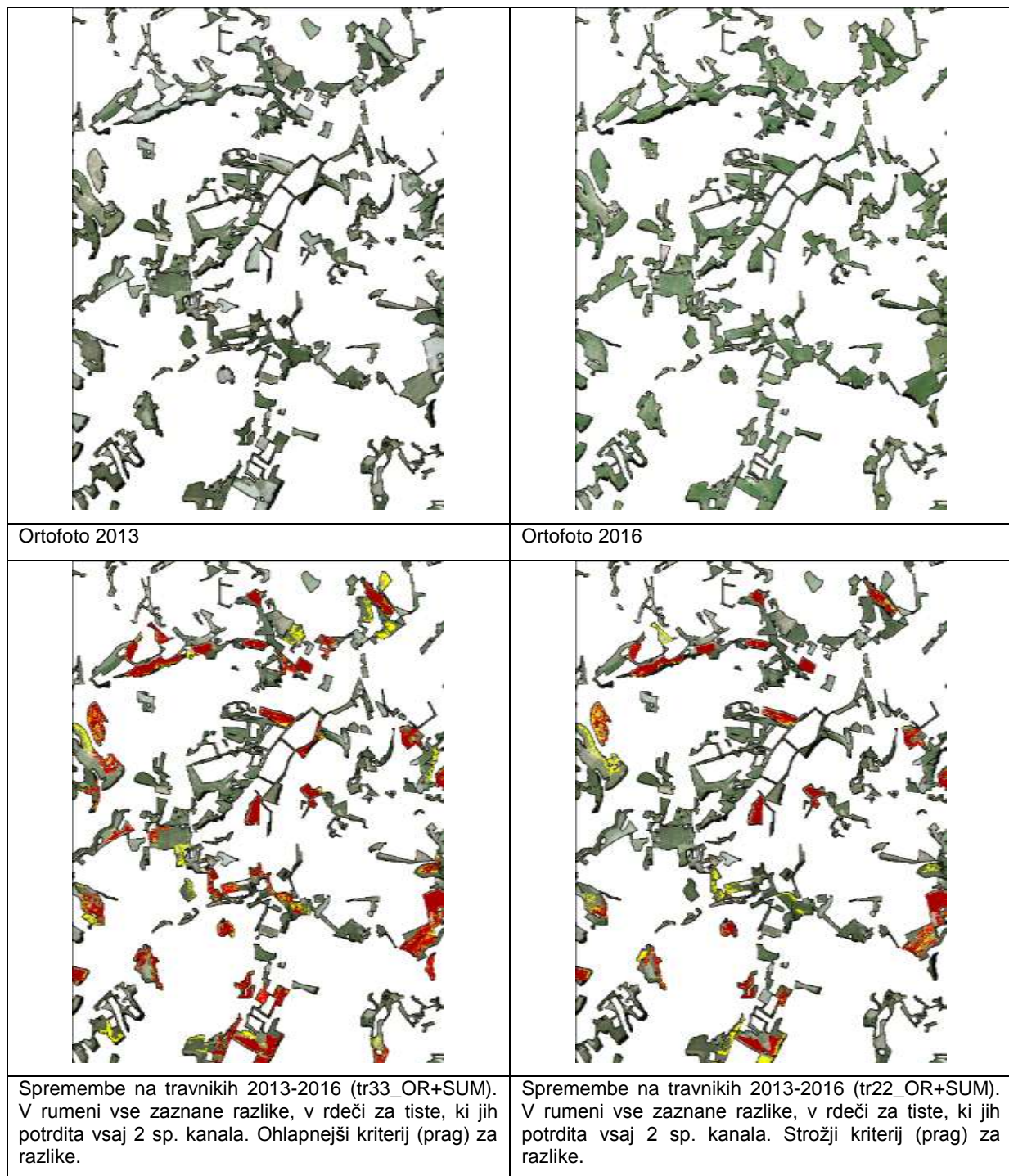
Obravnava kmetijskih zemljišč na podatkih ortofota:



Slika 83: Spremembe zaznane na kmetijskih zemljiščih na podatkih Ortofoto na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja kmetijskih zemljišč v dveh datumih, in sicer za leti 2013 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe (levo $STD > 1.5$ ter desno $STD > 2$) zaznane v vsaj enem od treh spektralnih kanalov, v rdečih odenkih pa le tiste, ki jih potrđita dva ali trije spektralni kanali.

Tudi na podatkih Ortofoto se pokaže, da je zajem smiselnih razlik na njivah, ki so lahko potencialne spremembe rabe, težaven tako zaradi potencialnih razlik v fenološki fazi poljščin, kot kolobarjenja na zemljiščih med leti (različen spektralni podpis za različne poljščine) in zaradi razmer v tleh (suša, stanje vlažnosti). Vzorec, ki ga vidimo na zgornji sliki odraža največje razlike med stanji dveh datumov na njivah, ali gre res za neupravičeno rabo, pa ni mogoče določiti s postopkom neposredne primerjave para posnetkov. V pomoč pri verifikaciji vzorca razlik na njivah ali morebitni uporabi za usmerjevalni sloj je nujen tudi vizualni pregled Ortofotov ter drugih razpoložljivih virov.

Obravnavna travnikov na ortofotu:

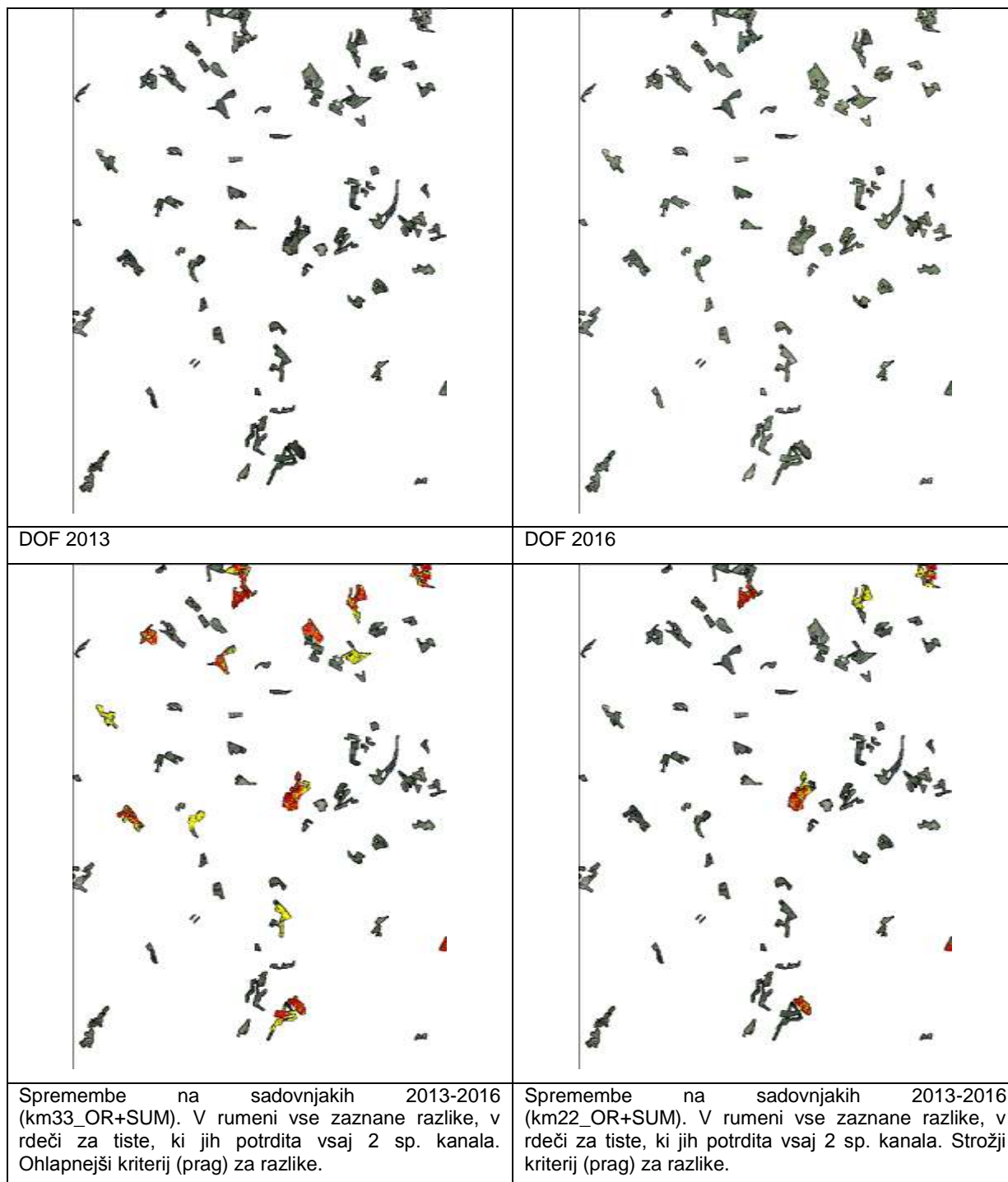


Slika 84: Spremembe zaznane na travnikih na ortofotu na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja travnikov v dveh datumih, in sicer za leti 2013 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe (levo $STD > 1.5$ ter desno $STD > 2$) zaznane v vsaj enem od treh spektralnih kanalov, v rdečih odtentkih pa le tiste, ki jih potrđita dva ali trije spektralni kanali.

Pri obravnavi sprememb na trajnih travnikih je sloj dobljenih razlik mogoče uporabiti kot opozorilni sloj za spremembe, večja razlika lahko pomeni odstopanje od upravičene rabe. Košnja na vrednosti v spektralnem prostoru nima izrazitega vpliva, travniki so po košnji še vedno zaraščeni (ne gre pa za konverzijo lastnosti pokrovnosti). Še bolj izčiščen vzorec razlik lahko dobimo, če upoštevamo le negativne razlike (torej upad vrednosti), ki ga lahko povežemo s preoranjem travniških površin.

Pozitivne razlike (povečane vrednosti), ki jih je v danem vzorcu več, so najverjetneje odraz razlik v fotosintetskih lastnostih rastja ali boljših vlažnostnih razmerah v tleh v kasnejšem datumu.

Obravnavna sadovnjakov na podatkih DOF:

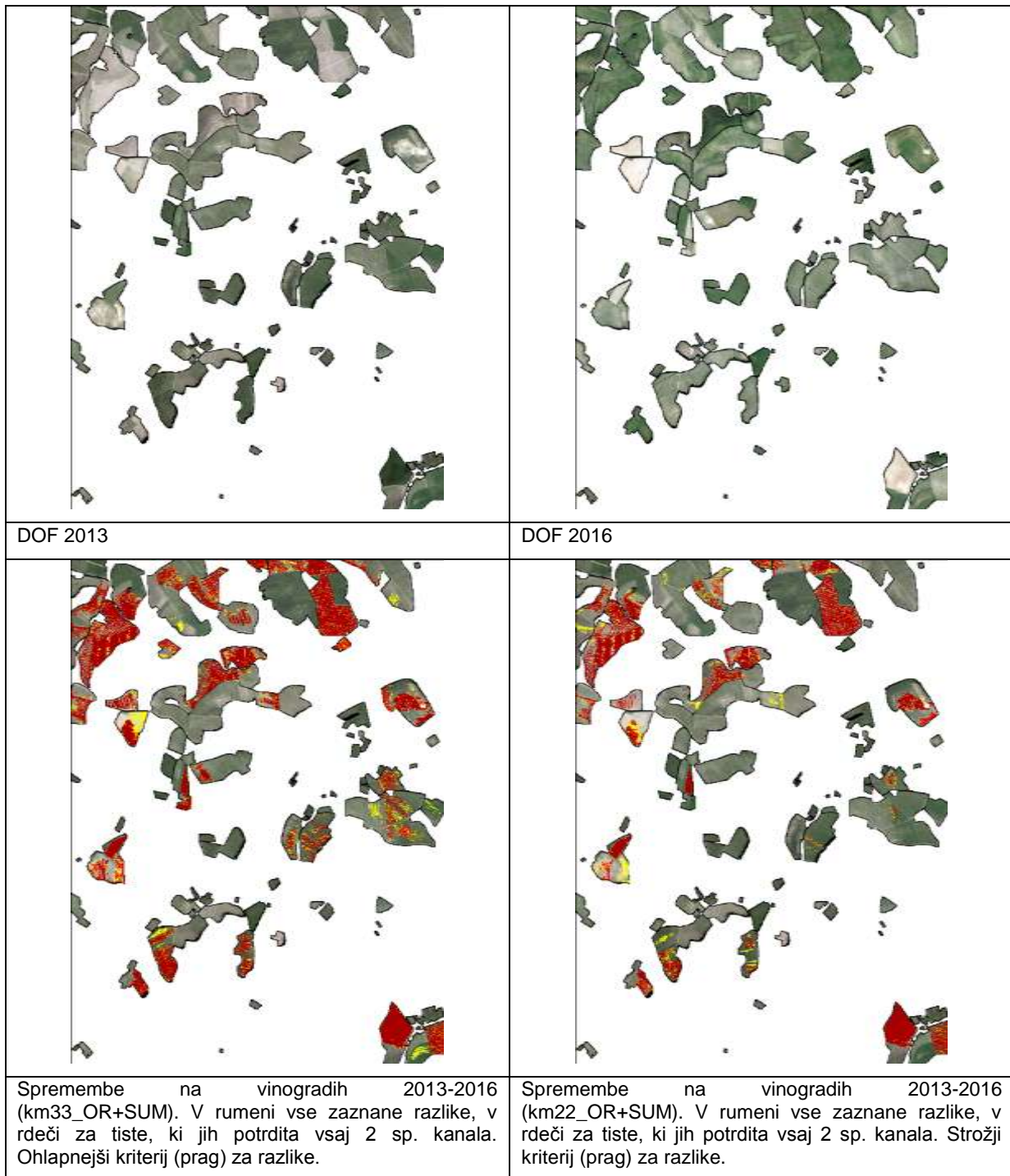


Slika 85: Spremembe zaznane na sadovnjakih na podatkih DOF na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja sadovnjakov v dveh datumih, in sicer za leti 2013 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe (levo $STD > 1.5$ ter desno $STD > 2$) zaznane v vsaj enem od treh spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrdita dva ali trije spektralni kanali.

Pri obravnavi vzorca razlik v sadovnjakih moramo upoštevati več motečih dejavnikov, ki imajo na zaznavo razlik pomemben vpliv. Med njimi so sence krošenj, ki se od posnetka do posnetka različne, najbolj nadležne in praviloma povsem obremenijo vzorec razlik. Ker so drevesa v sadovnjakih umeščena na določeni razdalji je v vzorec zajeto tudi stanje tal, ki je podobno kot pri travnih ali njivskih

površinah odvisno od vlažnostnih razmer v tleh. Gre za heterogeno teksturo površja, ki za obravnavo s postopkom neposredne primejave na pikslih, ni primerna. Rešitev bi lahko bil objekten pristop, kjer bi primerjali vrednosti na povzetkih zemljišč ali segmentov, homogenih delov zemljišč.

Obravnava vinogradov na podatkih DOF:

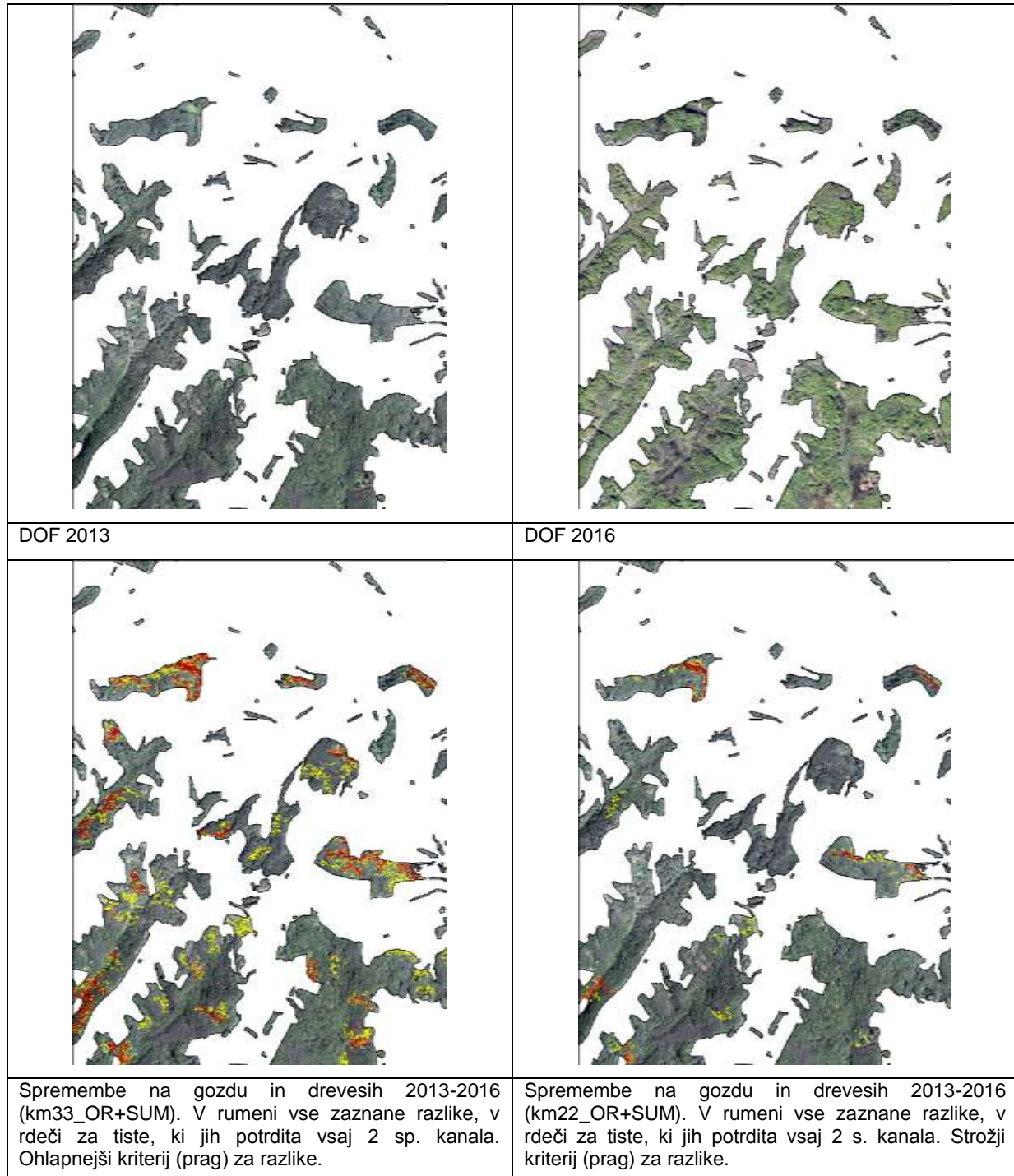


Slika 86: Spremembe zaznane na vinogradih na podatkih DOF na listu J2824. Prva vrstica kaže stanja vinogradov v dveh datumih, in sicer za leti 2013 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe (levo $STD > 1.5$ ter desno $STD > 2$) zaznane v vsaj enem od treh spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrđita dva ali trije spektralni kanali.

Zaznava razlik na zemljiščih vinogradov na podatkih DOF je uspešna, vzorec razlik sicer vsebuje delež lažno pozitivnih razlik, ki so na tako visoko ločljivih podatkih posledica majhnih senc, ki jih meče trta ter večje heterogenosti pokrovnosti v razmerju trta-tla. Te razlike na rezultatih zaznave razlik iz

podatkov DOF zlahka prepoznamo iz samega vzorca, saj ta deluje razdobljeno in sestavljeno iz številnih delcev. Večinoma takšni vzorci odražajo le manjše razlike v stanju zemljišč, vinogradov (posledice senc, fenologije trte in vlažnostnih razmer v tleh). Kjer pa so območja razlik nerazdrobljena, gre praviloma za večje spremembe na zemljiščih (obnove, krčitve vinograda).

Obravnava dreves in gozda na podatkih DOF:



Slika 87: Spremembe zaznane na območju gozda in dreves na podatkih DOF na listu J2824. Prva vrstica kaže stanje gozda in dreves v dveh datumih, in sicer za leti 2013 in 2016. Druga vrstica v rumeni kaže večje spremembe (levo $STD > 1.5$ ter desno $STD > 2$) zaznane v vsaj enem od treh spektralnih kanalov, v rdečih odtenkih pa le tiste, ki jih potrdita dva ali trije spektralni kanali.

Pri zaznavi razlik v gozdovih se metoda neposredne primerjave, podobno kot pri sadovnjakih, sooča s prekomerno zaznavo razlik na račun lege krošenj in njihovih senc. Metodo smo za gozd testirali še z

nekaj prilagoditvami parametrov metode (preračun v bolj grobem merilu, večjo stopnjo prevzorčenja). Vzorec razlik je zajemal manj lažno pozitivnih razlik (na račun senc), vendar pa na drugi strani tudi spregledan prostorsko manjših sprememb v gozdu (npr. manjša poseka, ki smo jo opazovali že na izseku Pléiades). Metoda neposredne primerjave na pikslih za obravnavo razlik v gozdu ni najbolj primerna, vzorec razlik potrebuje znatno verifikacijo in čiščenje na podlagi vizualne kontrole vhodnih posnetkov.

V splošnem lahko rečemo, da metoda neposredne primerjave para posnetkov daje smiselne rezultate na vseh treh virih podatkov. Vendar je za operativno rabo vzorec razlik nujno predhodno še verificirati z vizualnim pregledom vhodnih podatkov in vzorec razlik grobo prečistiti (evidentne grobe napake, ki so zlahka prepoznavne lažno pozitivne razlike).

Ocena učinkovitosti metode neposredne primerjave para posnetkov

Učinkovitost metode je dobra na vseh treh virih podatkov (DOF, Pléiades in Sentinel-2). Lahko zatrdimo, da s postopkom, ki najprej radiometrično uskladi vhodna posnetka, nato pa razlike obravnava v dveh merilih, ter upošteva tako velikostni prag za razlike kot informacijo iz spektralnih kanalov, prestrežemo večino razlik med primerjanima datuma. Vendar metoda na tej osnovi ne zmore interpretirati vsebine vzorca dobljenih razlik v kontekstu iskanja določenih kategorij sprememb, kot smo jih opredelili za potrebe usmerjevalnega sloja pri postopku obnove rabe tal. To pomeni, da podaja območja (lege) intenzivnejših razlik, ne opredeli pa tudi tipa vrste spremembe. Ker deluje neposredno na primerjavi vrednosti pikslov, je občutljiva tudi za razlike povezane s fenologijo rasti in vlažnostnih pogojev v prsti. Iz tega zornega kota je bolje, če so vhodni podatki iz čim bolj fenološko stabilnega obdobja leta, na vrhu fenološke faze, torej poleti in da grobo poznamo meteorološke dejavnike. Bolj primerna je za medletne primerjave, saj bo pri sezonskih primerjavah vzorec obremenjen z lažno pozitivnimi zaznavami. Na zelo visoko ločljivih podatkih je metoda bolj občutljiva na nekatere lastnosti vhodnih podatkov (predvsem kot in čas snemanja). Za spremljanje razlik v dveh datumih v biotskih okoljih je bližnji infrardeči spekter dober indikator razlik, vendar metoda daje dobre rezultate tudi v zgolj vidnem spektru.

Več spektralnih kanalov vsebuje posnetek, strožje kriterije za prag za razlike lahko postavimo (zato pri DOFu zajemamo z blažjim kriterijem, $STD > 1,5$ oziroma v treh skrajnih razredih odklonov v podobi razlik). Pri uporabi sloja za namen usmerjevalnega sloja na spremembe je smiselno upoštevati obe informaciji, informacijo, ki jo potrdi nastavljeni prag za razlike in informacijo o intenziteti v spektralnem prostoru.

Kartografska primerjava uspešnosti zaznave razlik med različnimi viri podatkov, DOF, Pléiades in Sentinel-2, zaradi časovnih razlik med datumi posnetkov in primerjav ustrezajočih si parov, ni smiselna. Na podlagi pozorne vizualne ocene, so rezultati dobri. Lažno pozitivne razlike je mogoče bodisi z nekaj logičnimi operacijami bodisi s hitro vizualno verifikacijo prepoznati in odstraniti.

Prednosti

Metoda je enostavna in hitra, za različne podatke jo enostavno prilagodimo (predvsem kriterije za razpoznavo razlik). Algoritem izračun izvede na podlagi dveh posnetkov, satelitskih ali letalskih, brez dodatnih prilagoditev na vhodno prostorsko in spektralno ločljivost podatkov. Srednje učinkovita je predvsem z vidika, da poda sliko o lokacijah potencialnih sprememb, ne pa tudi informacije o tem za kakšno spremembo gre. To lahko interpretiramo le v izbranih, omejenih kontekstih, npr. če opazujemo samo trajne travnike, negativno spremembo interpretiramo kot spremembo biofizikalnih lastnosti travnikov, torej potencialno neupravičeno rabo, preoranje ali drug neželen poseg.

Metoda je dovolj občutljiva, da prestreže večino večjih razlik med dvema posnetkoma, ne glede na velikost območja same spremembe in ne glede na kakšnem vhodnem viru podatkov jo izvajamo. Metoda je v osnovi namenjena odkrivanju večjih, intenzivnejših razlik, njen rezultat lahko služi kot opozorilni sloj na večje spremembe, konverzije v pokrovnosti ali rabi tal. Poda torej okvirno shemo najbolj intenzivnih razlik med vrednostmi dveh datumov. Na podlagi rezultatov testiranja med prednosti metode gotovo lahko štejemo neobčutljivost na vir podatkov (uspešna je tudi primerjava na starejših

DOF z nestandardiziranimi radiometričnimi lastnostmi, kjer si istoležni spektralni kanali ne delijo tudi radiometričnih podobnosti) ter dejstvo da za delovanje ne potrebuje veliko dodatnih podatkov ali umerjanj. Pokazalo se je, da boljše in bolj uravnotežene rezultate dobimo z smiselno usmerjenim pristopom obravnave območja (npr. razdelitev na skupine rabe tal, pokrovnosti, delitev na biotsko in abiotsko in podobno) in kasnejšim združevanjem.

Slabosti

Vizualna kontrola je potrdila, da se pojavlja določen delež spregledanih oziroma nezaznanih razlik, za katere bi pričakovali, da naj bi bile zajete v končni vzorec. To pomeni, da obstajajo razlike, ki so vizualno evidentne, postopek pa jih ne zazna. Deloma to lahko pripišemo izbiri praga, s katerim opredelimo, katere razlike v podatkih obravnavamo kot spremembe (velikost odklona), deloma pa podatkom (numerična primerljivost vrednosti) in metodi (neposredna primerjava istoležnih pikslov) samim. Če prag spustimo, je metoda seveda zmožna zaznati veliko več razlik, tudi takšne, ki trenutno umanjajo v končnem vzorcu, vendar nas v kontekstu zaznave sprememb zanima in stremimo k kazalniku na razlike, ki so potencialne kandidatke tudi za spremembe v naravi. Teh pa v naravi na opazovanem območju praviloma ni večina, zato s spuščanjem praga ne dosežemo zelenega cilja (potencialnih območij, ki kažejo na spremembe bo zelo veliko ali vsaj mnogo preveč, da bi sloj lahko uporabljali kot kazalnik na problematična območja). Testiranja na DOF so tudi pokazala, da je takšnih spregledanih območij (grobih napak) na DOF podatkih več kot na podatkih Pléiades. Kot ključna dejavnika za to se izkažeta nesistematična radiometrična kakovost podatkov DOF (razlika med serijo 2013 in 2016) ter omejenost spektra na vidni del (brez BIR kanala). V večini primerov se je namreč pokazalo, da so umanjane zaplate razlik prav v BIR spektru dobro določljive (primerjava s podatki Pléiades 2014-2016). Vizualna kontrola je tudi potrdila, da se pojavlja tudi določen delež lažno pozitivnih razlik (razlika, ki ne predstavlja tudi konverzije v pokrovnosti). Te so večinoma odraz razlik v numeričnih vrednostih podatkov, na katere pa s prilagoditvijo postopka v sami metodi ne moremo vplivati, saj so večinoma odraz fenoloških razlik rastja ali lastnosti tal v času.

Ker je metoda pikselska in se rezultati zapisujejo na ravni piksela, je končni sloj na VHR podatkih (DOF, Pléiades) razmeroma kompleksen, zato ga je smiselno še dodatno kartografsko generalizirati.

Sklep

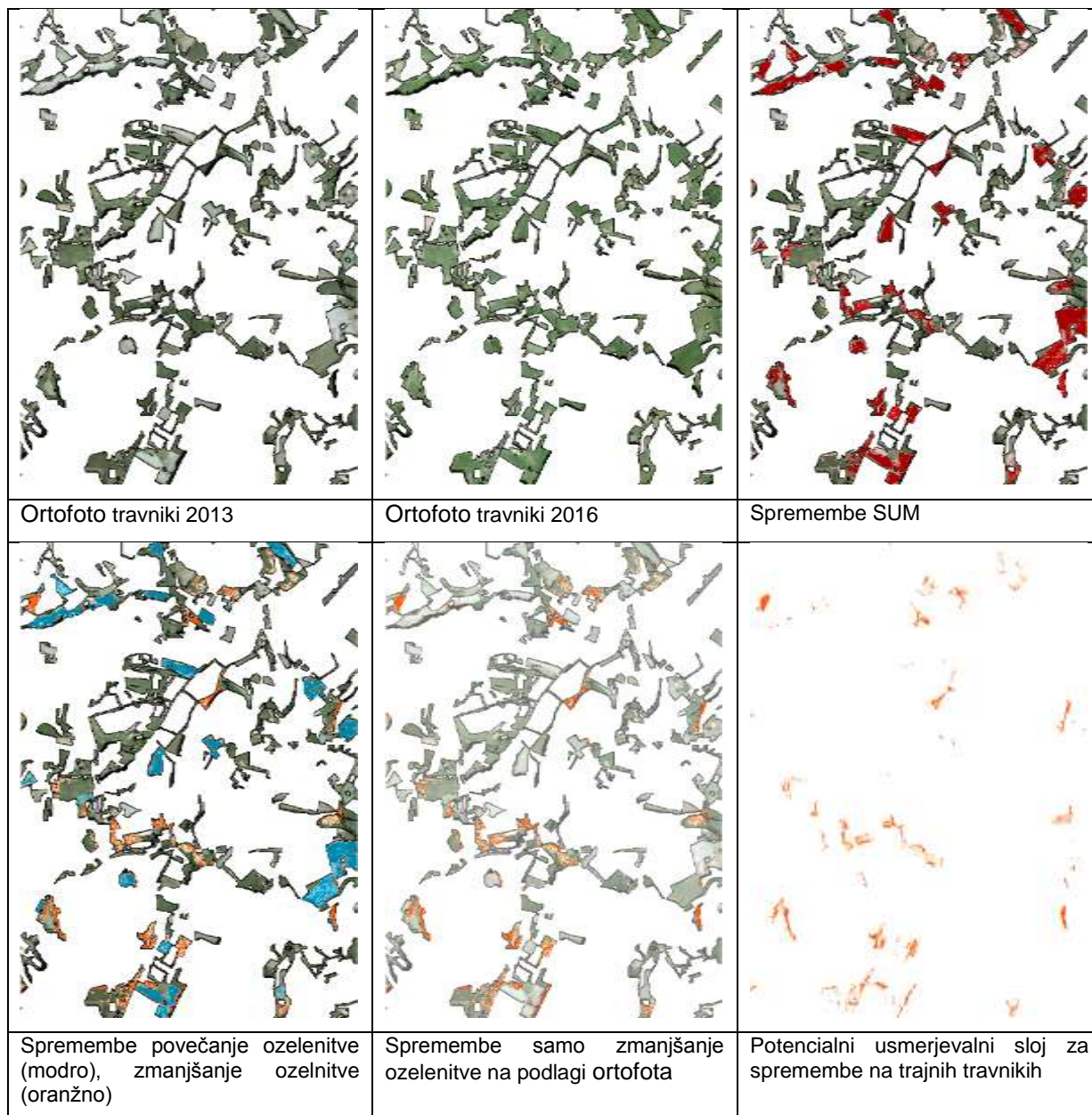
Metodo neposredne primerjave dveh posnetkov smo v testiranja vključili v prvi vrsti zato, da bi videli koliko uporabnih informacij o spremembah lahko dobimo iz primerjave zgolj para posnetkov. Metoda ne sloni na zapletenem modeliranju, niti ne vključuje drugih podatkovnih slojev, opcijsko uporablja sloj rabe tal za razdelitev na območja na tematsko sorodne si dele ter radiometrično predpripravo podatkov. Postopek z delitvijo območja na sklope rabe tal in t.i. usmerjene primerjave (ločeno po posameznih skupinah rabe tal ali pokrovnosti) se je pokazal za bolj primerne in učinkovitega od hkratne obravnave celotnega območja v primerjavi. Na ta način so prepoznane razlike bolje uravnotežene po različnih tipih pokrovnosti. Rezultati postopka vključujejo nekaj grobih napak (lažno pozitivne razlike ter umanjkanja prepoznave). Kolikšen je delež lažno pozitivnih (torej odvečne zaznave) in spregledanih razlik in s tem tudi celoten postopek bi lahko primerno ovrednotili le na podlagi referenčnega sloja podatkov za vsak primerjani par vhodnih podatkov (na podlagi ocene popolnosti in pravilnosti rezultatov identificiranih sprememb).

Pozidane površine v testiranja niso vključena, lahko pa zatrdimo, da bi se analiza sprememb z neposredno primerjavo para posnetkov na podatkih zelo visoke ločljivosti soočala z enakimi težavami, kot primera skupin rabe sadovnjaki ter gozd in drevesa. Imeli bi dominacijo lažno pozitivnih razlik zaradi lege in senc visokih objektov.

Metoda neposredne primerjave zaznava raznolike razlike med podatki in ne samo razlik, ki so tudi spremembe v naravi. Z vidika uporabe sloja za namen uporabe opozorilnega sloja na spremembe za potrebe obnove sloja rabe tal zato menimo, da je inverzna informacija bolj zanesljiva: kjer ne zaznamo nobene razlike/spremembe, najverjetneje ni bilo očitne konverzije ali sprememb v rabi tal, v primerjanem obdobju.

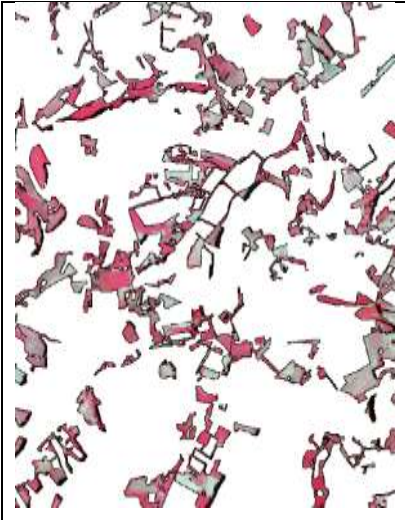
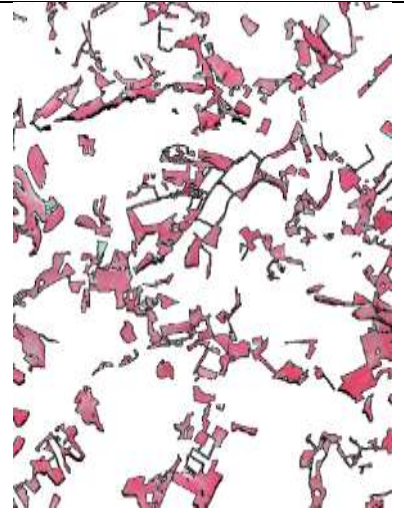
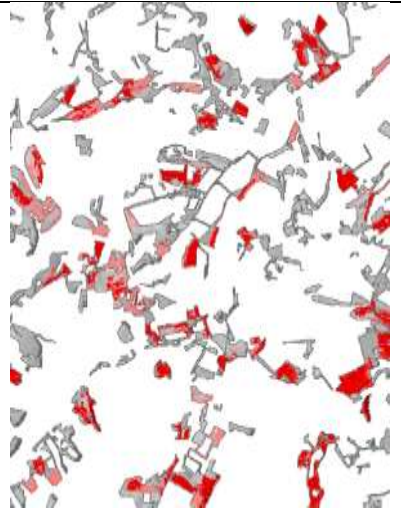
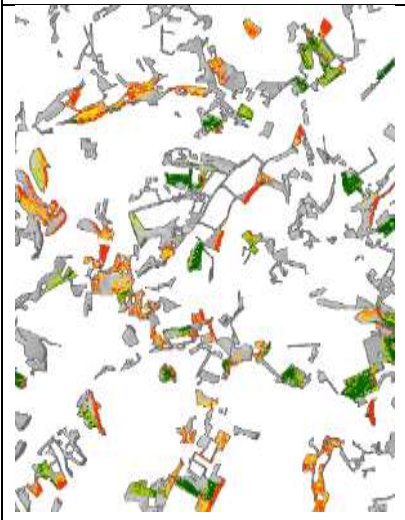
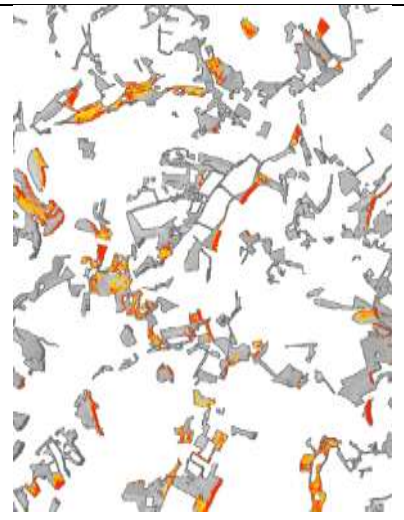

4.3.3.2 Sprememba travnika

V tem testu smo preverjali dvoje: zmožnost zaznave spremembe travnika v njivo ali drugače obdelano zemljišče ter prednosti in omejitve uporabe spektra, ki nam ga ponujajo daljinsko zaznani podatki ter metoda neposredne primerjave para posnetkov. Teste smo izvedli na podatkih ortofoto, IR ortofoto, Pléiades in Sentinel-2 za list J2824. Postopek povzemamo z naslednjo sliko, na ortofotu. V nadaljevanju se usmerjamo k podrobnostim (primerom) in primerjavi dobljenih rezultatov med različnimi podatki.



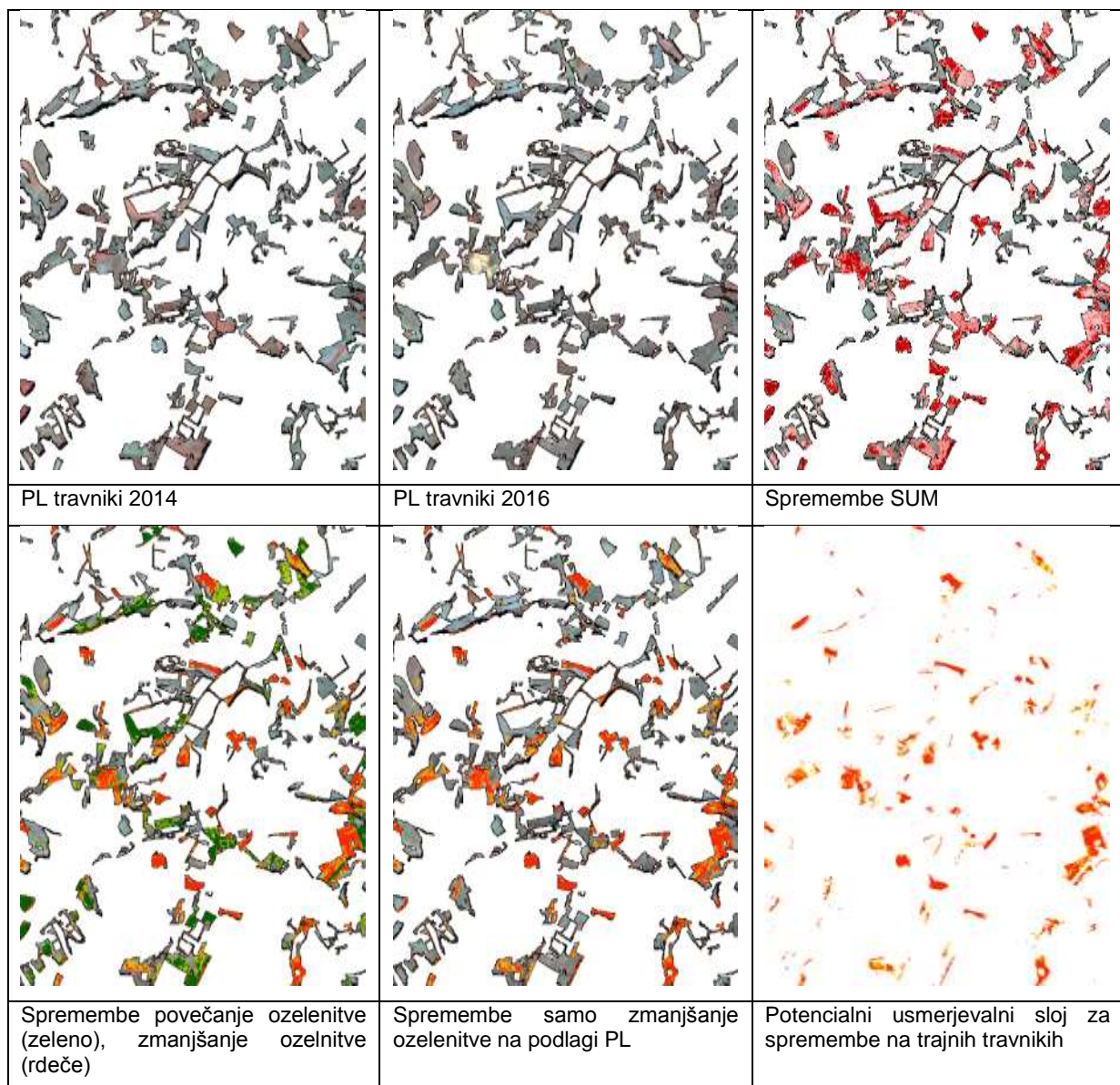
Slika 88: Iskanje spremembe travnika v njivo na ortofotu. V postopku določitve sprememb upoštevamo le t.i. negativne spremembe, torej tiste, ki v izbranem spektru naznačujejo »upad« vrednosti. Za vsak spektralni prostor smiselno opredelimo to razmerje (upad, porast).

IR ortofoto:

		
IR ortofoto travniki 2013	IR ortofoto travniki 2016	Spremembe SUM
		
Spremembe povečanje ozelenitve (zeleno), zmanjšanje ozelenitve (rdeče)	Spremembe samo zmanjšanje ozelenitve na podlagi ortofota	Potencialni usmerjevalni sloj za spremembe na trajnih travnikih



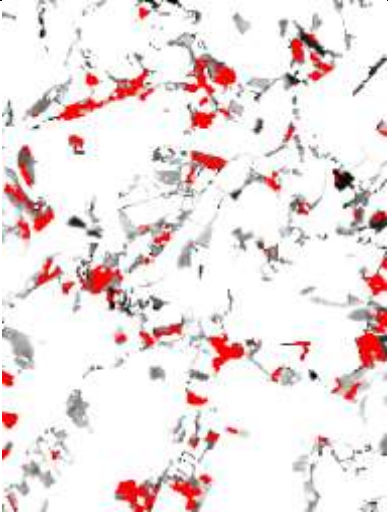
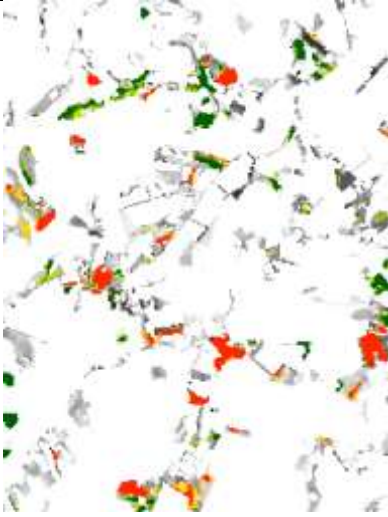
Slika 89: Iskanje spremembe travnika v njivo na podatkih IR ortofoto. V postopku določitve sprememb upoštevamo le t.i. negativne spremembe, torej tiste, ki v izbranem spektru naznačujejo »upad« vrednosti. Za vsak spektralni prostor smiselno opredelimo to razmerje (upad, porast).

Pléiades:











Slika 90: Iskanje spremembe travnika v njivo na podatkih Pleidaes. V postopku določitve sprememb upoštevamo le t.i. negativne spremembe, torej tiste, ki v izbranem spektru naznačujejo »upad« vrednosti. Za vsak spektralni prostor smiselno opredelimo to razmerje (upad, porast).

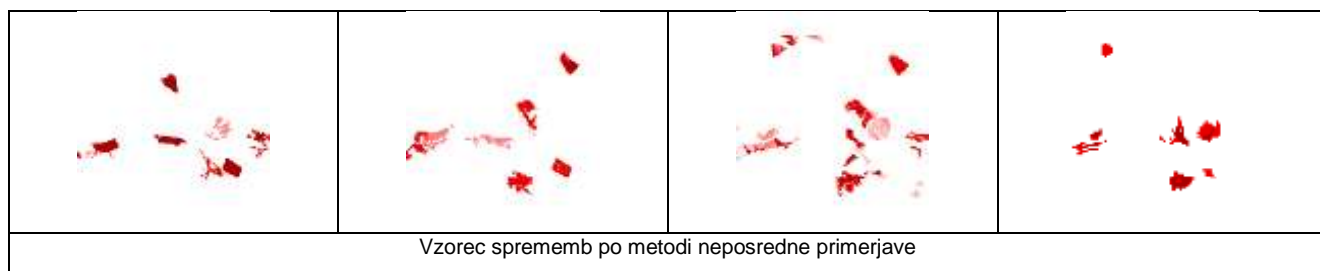
NDVI Sentinel-2:

	
S2 2015 NDVI	S2 2016 NDVI
	
Spremembe SUM	Spremembe povečanje ozelenitve (zeleno), zmanjšanje ozelenitve (rdeče)

Slika 91: Iskanje spremembe travnika v njivo na podatkih normiranega diferencialnega vegetacijskega indeksa (NDVI) Sentinel-2. V postopku določitve sprememb upoštevamo le t.i. negativne spremembe, torej tiste, ki v NDVI vrednostih naznačujejo »upad« zelenosti.

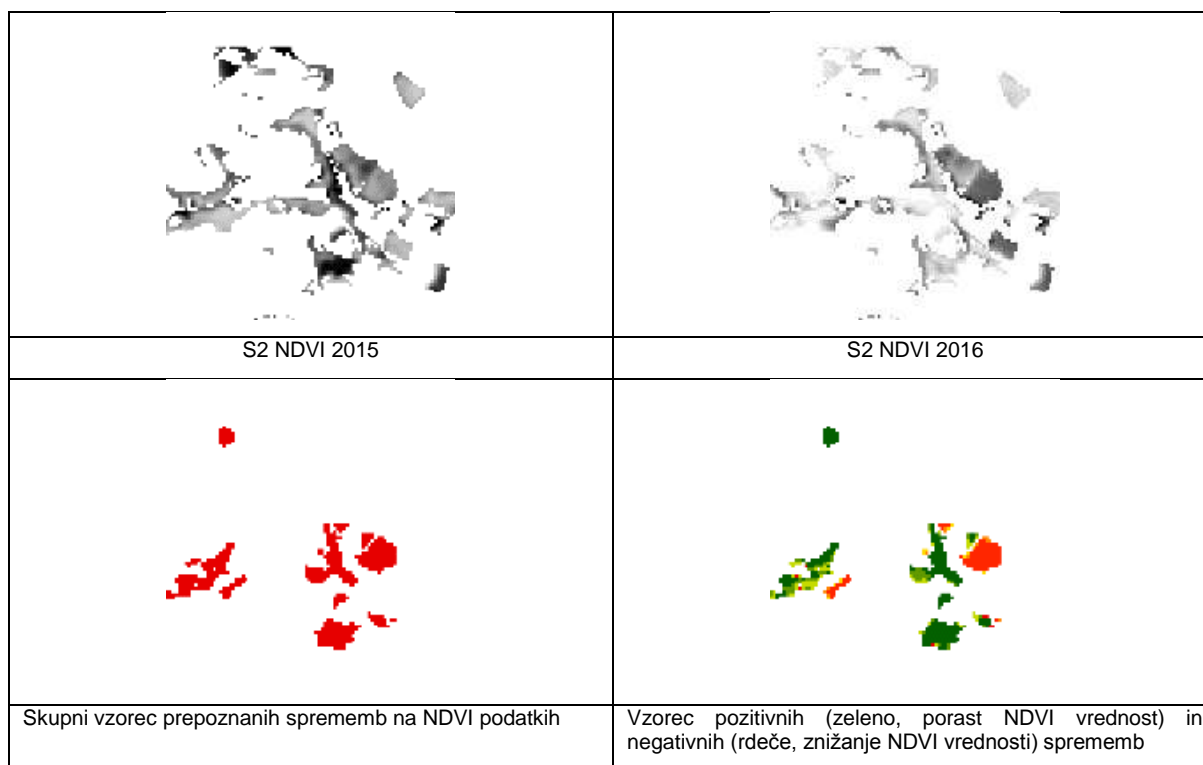
Vizualna analiza rezultatov metode neposredne primerjave je pokazala, da končni rezultat (vzorec prepoznanih sprememb) ni popoln. Prihaja tudi do spregledanih sprememb. Primer s postopkom neposredne primerjave spregledane večje spremembe travnika, vidne na različnih podatkih, zaznane tudi v podobi razlik, ne pa nujno zajete v končni vzorec prepoznanih sprememb pri testiranih podatkovnih virih, zato tudi v različnih časovnih obdobjih:

							
DOF 2013-2016		BIR 2013 - 2016		Pléiades 2014 - 2016		Sentinel-2 2015 - 2016	



Slika 92: Spregledane spremembe. Vizualna interpretacija rezultatov je pokazala, da je pri določenih spremembah odločilen infrardeči kanal. Tako je evidentna razlika med dvema datumoma na travniku v zgornjem delu prikazanega območja vselej prepoznana na virih podatkov, ki vsebujejo tudi infrardeči kanal, ne pa nujno na virih podatkov, ki vsebujejo le vidni spekter.

Zanimalo nas je tudi ali je lahko biofizikalni parameter rastja lahko primeren ali celo boljši pokazatelj spremembe z metodologijo neposredne primerjave para posnetkov. Za primer travnikov podajamo isti izsek kot zgoraj ter opazujemo vzorec prepoznanih sprememb na podatkih normiranega diferencialnega indeksa (NDVI) Sentinel-2. Ugotovimo, da je znak ali smer spremembe precej zanesljiv indikator o tem, za kakšno vrsto spremembe na travniku gre. Velja pa opozoriti, da na samo zaznavo vplivajo tudi meteorološke lastnosti (suhost tal, zmanjšana fotosintetska aktivnost rastja) v opazovanem obdobju, tako bodo bolj sušna leta precenjeno kazala znak spremembe.



Slika 93: Zaznane spremembe na sloju NDVI podatkov Sentinel-2. Slika desno spodaj znotraj vzorca sprememb (slika spodaj levo) prikazuje tudi smer spremembe: zeleno predstavlja porast/povečanje fotosintetske aktivnosti rastja, kar je povsem sprejemljivo, rdeče pa znižanje, ki potencialno lahko kaže na nepravilno rabo pri upravljanju s trajnimi travniki (vrednosti NDVI pod 0.4 namreč pomenijo zemljišče brez rastja).

4.3.3.3 Sprememba njive

Kategorijo spremembe njive v travnik bi lahko opazovali preko pozitivnih razlik v vidnih kanalih spektra, vendar so začetni testi pokazali, da so razmerja v primeru aktivnosti rastja in aktivnosti praks na njivah preveč kompleksni, da bi jih z metodo neposredne primerjave v dveh datumih in nekaj logičnimi preverjanji zanesljivo opredelili. Zato smo nadaljnja testiranja za to kategorijo sprememb opustili.

5 ZASNOVA UPORABE SLOJA SPREMEMB

5.1 Primerjava in vrednotenje alternativnih virov podatkov ter metod vzdrževanja

Cilj aktivnosti je ovrednotenje uporabe alternativnih virov podatkov in samodejne identifikacije za potrebe vzdrževanja podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

V okviru vrednotenja rezultatov smo izvedli:

- vrednotenje rezultatov obnove dejanske rabe na podlagi alternativnih virov podatkov ter
- vrednotenje opozorilnih slojev, izdelanih s samodejno identifikacijo sprememb na podlagi treh obravnavanih pristopov.

Rezultate vrednotenja smo uporabili kot strokovno podlago za zasnovo operativnega postopka uporabe sloja sprememb v procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe (glej 5.2).

Rezultat 4.1.1: Poročilo o vrednotenju rezultatov uporabe alternativnih virov podatkov in samodejne identifikacije sprememb.

5.1.1 Obnova dejanske rabe na podlagi alternativnih virov podatkov

Na podlagi rezultatov identifikacije sprememb z metodo fotointerpretacije na alternativnih virih podatkov je ocenjena kakovost rezultatov. Rezultat je kvalitativna ocena vpliva uporabe predlaganih alternativnih virov podatkov v obstoječem postopku vzdrževanja na kakovost podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

Celoten opis testiranja obnove rabe na podlagi alternativnih virov podatkov je podrobneje opisan v 4.2.3). V nadaljevanju so predstavljene prednosti in slabosti naslednjih skupin alternativnih virov podatkov:

- satelitski posnetek Pléiades v barvni in infrardeči različici,
- barvni infrardeči ortofoto in model višin nad terenom (izdelek CAS) ter
- barvni infrardeči ortofoto in model višin nad terenom (lidarski podatki, izdelek LSS).

5.1.1.1 Prednosti in slabosti satelitskih posnetkov Pléiades

Prednosti posnetkov Pléiades:

- posnetki so lahko na voljo tudi v obdobju, ko ortofotov ni (primerno za reševanje NRP v tem časovnem obdobju),
- določitev dejanske rabe z barvnimi posnetki je v primerih, ko gre za večje površine (ni ozkih in dolgih pasov, enotna površina, kontrast s sosednjimi rabami), enostavna,
- na infrardečih posnetkih so dobro vidne njive, grmičevje, vodna telesa, gozd, zaraščanje, površine brez travne ruše,
- na infrardečih posnetkih je lažje ločevanje med gozdom in grmičevjem.

Pomanjkljivosti posnetkov Pléiades:

- težje je določiti natančne meje ko gre za ozke poligone (ceste, kanali, pasovi zaraščanja),
- zaradi slabšega kontrasta je v nekaterih primerih težje interpretirati in določiti pravilen potek meje dejanske rabe.

5.1.1.2 Sklepi iz izbranih primerov barvnih in infrardečih ortofotov v kombinaciji z modelom višin nad terenom (DMP CAS ali DMP LIDAR)

Prednosti IR ortofotov in slojev višin nad terenom (CAS in LIDAR):

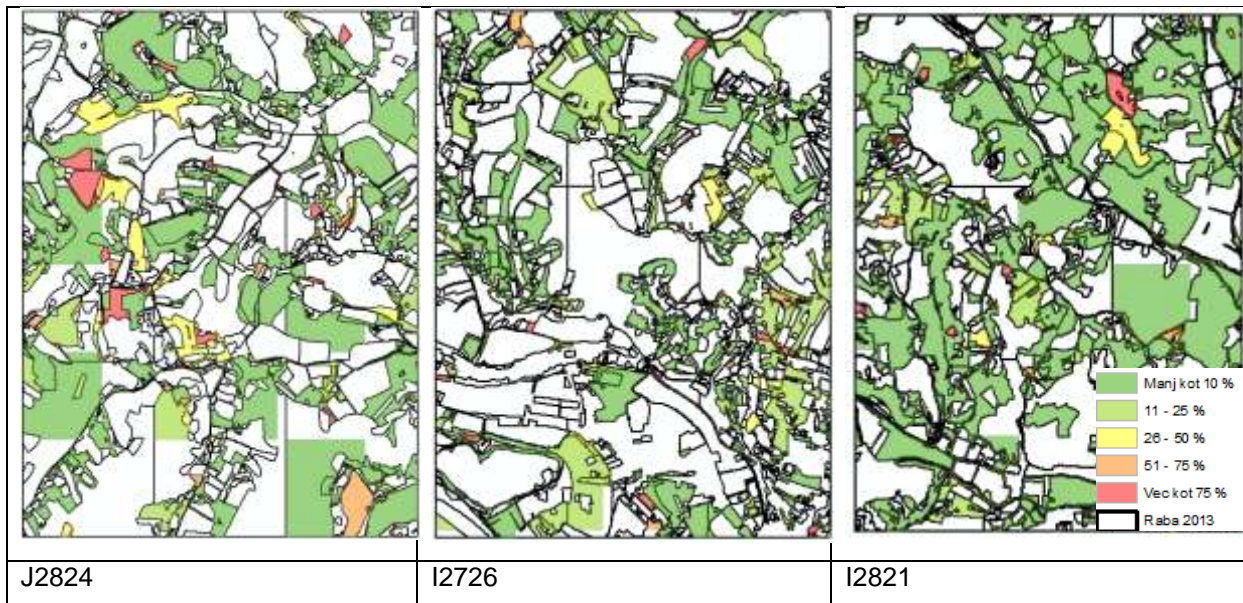
- IR ortofoti so nam v pomoč pri interpretaciji rabe, še posebej pri določanju zaraščanja,
- na IR ortofotih so zelo dobro vidna vodna telesa, njive, površine brez travne ruše,
- z uporabo IR ortofotov je ločevanje med gozdom in grmičevjem lažje,
- z uporabo sloja višin je lažja interpretacija površin v zaraščanju,
- sloj višin je zelo uporaben pri razločevanju med rabami gozd, drevesa in grmičevnje in zaraščanje.

Pomanjkljivosti IR ortofotov in slojev višin nad terenom (CAS in LIDAR):

- informacije sloja višin nad terenom je potrebno smiselno (ne)upoštevati,
- potrebno je upoštevati napake v sloju višin nad terenom,
- interpretacija sloja višin je zahtevna, zato je sloj primeren za proces kontrole in ne zajema.

5.1.2 Opozorilni sloji, izdelani s samodejno identifikacijo sprememb

Na podlagi različnih pristopov identifikacije sprememb (glej 3.2.3) smo izdelali opozorilne sloje. **Opozorilni sloj** je sloj poligonov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, na katerih je identificirana sprememba rabe. Sloj je namenjen operaterju za usmerjanje postopka vzdrževanja rabe le na poligone rabe, na katerih je dejansko prišlo do spremembe v naravi. Opozorilni sloji za testne liste, izdelani z analizo klasificiranih posnetkov so prikazani na Slika 94.



Slika 94: Opozorilni sloji za testne liste, izdelani z analizo klasificiranih posnetkov.

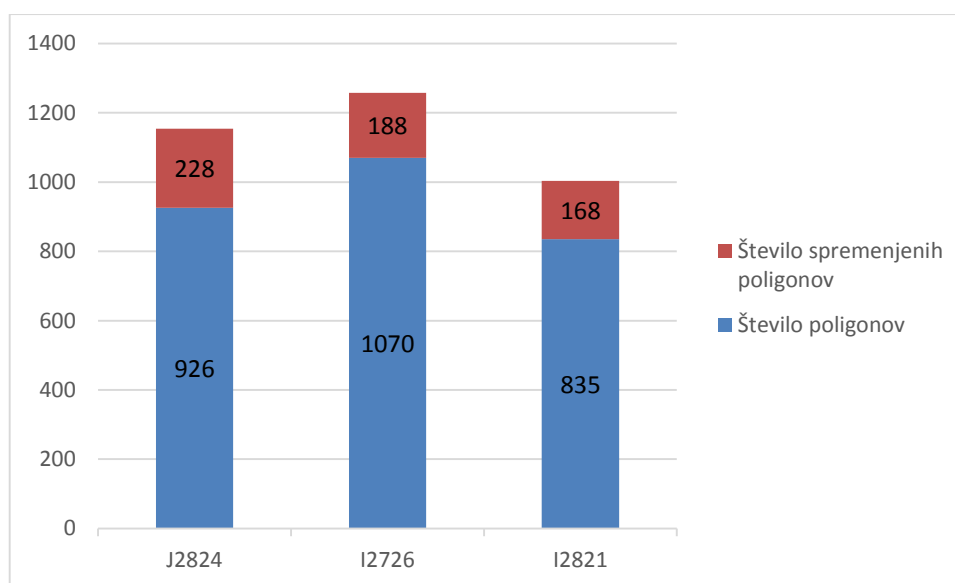
Opozorilni sloj, ki vsebuje poligone s samodejno identificirano spremembo rabe smo uvrstili v pet razredov glede na obseg spremembe rabe znotraj poligona (relativna površina spremembe rabe glede na površino poligona). Na podlagi tako pripravljenega sloja lahko operater rangira poligone glede na velikostni razred spremembe.

Na študijskem območju je evidentiranih 2.831 poligonov dejanske rabe, od tega smo s samodejnim postopkom identificirali spremembo rabe na 584 oziroma na 21 % poligonov rabe. Število in delež identificiranih poligonov s spremembo rabe po posameznih listih študijskega območja je podano v Tabela 22.

Tabela 22: Število poligonov ter število in delež poligonov s spremembo rabe na testnih listih.

	Število poligonov	Število spremenjenih poligonov	Delež spremenjenih poligonov
J2824	926	228	25%
I2726	1070	188	18%
I2821	835	168	20%

Delež identificiranih sprememb po posameznih listih (Slika 95) je med posameznimi testnimi območji primerljiva in se giblje med 18 in 25 %. Največje število in delež sprememb je bilo identificiranih na listi J2824.



Slika 95: Število poligonov brez in s spremembo rabe.

Na podlagi predlagane metode vrednotenja rezultatov (glej 3.2.5) smo ovrednotili opozorilne sloje sprememb, ki so izdelani na podlagi treh obravnavanih pristopov. Rezultati vrednotenja so predstavljeni v nadaljevanju.

5.1.2.1 Vrednotenje analize klasificiranih posnetkov

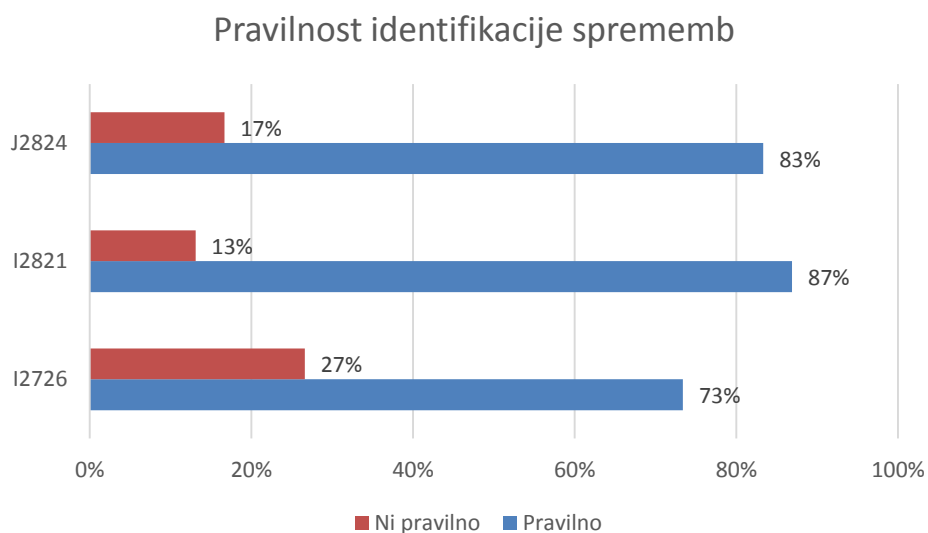
Opozorilni sloj smo ovrednotili na testnih listih I2726, I2821 in J2824. Skupaj smo pregledali 584 poligonov in sicer, na listu I2726 188 poligonov, na listu I2821 168 poligonov in na listu J2824 228 poligonov. Na podlagi fotointerpretacije ortofota (2016), podatkov dejanske rabe (pred obnovo, 2013 in po obnovi, 2016) ter opozorilnega sloja smo ocenili pravilnost identificiranih sprememb. Za potrebe interpretacije pravilnosti smo poligone opozorilnega sloja uvrstili v dve podrobni vrsti pravilnosti ter tri podrobne vrste nepravilnosti, ki jih povzema

Tabela 23.

Tabela 23: Podrobne vrste pravilnosti ter nepravilnosti poligonov dejanske rabe.

Šifrant pravilnosti samodejno identificiranih sprememb		
1	Pravilno	Pravilno določena sprememba s samodejno identifikacijo
2		Pravilno določena sprememba s samodejno identifikacijo, ki ne pomeni spremembe dejanske rabe po metodologiji obnove
0	Ni pravilno	Nepravilno določena sprememba s samodejno identifikacijo
3		Posebni primeri
4		Naključno odkrita sprememba s samodejno identifikacijo

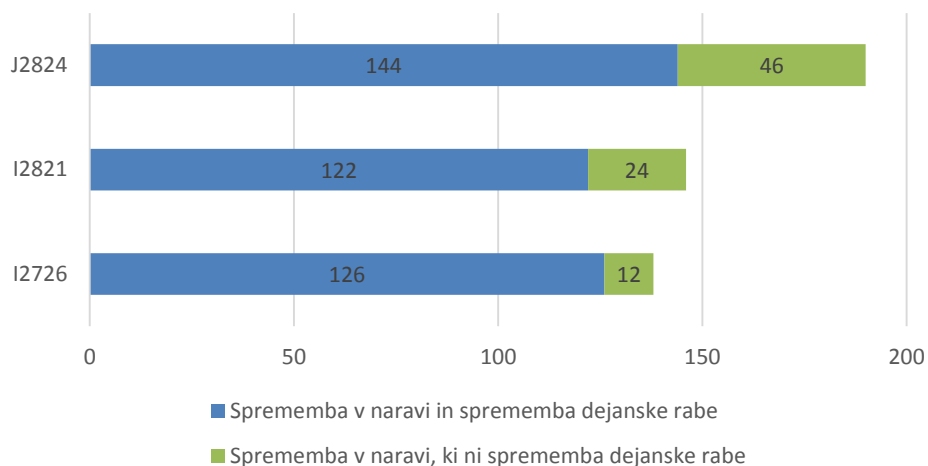
Na podlagi rezultatov vrednotenja pravilnosti posameznih poligonov opozorilnega sloja smo izračunali pravilnost rezultatov posameznih listov (Slika 96). Delež pravilnosti je zelo visok in presega mejno vrednost uporabne vrednosti rezultatov samodejne klasifikacije. Na dveh listih pravilnost presega 80 %, na enem pa znaša 73 %. Deleži pravilnosti po posameznih listih: I2726 (73 %), I2821 (87 %) in J2824 (83 %).



Slika 96: Pravilnost identificiranih sprememb po posameznih listih študijskega območja

Za boljše razumevanje ocene pravilnosti podajamo še statistiko podrobne vrste pravilnosti, t.j. ali je identificirana sprememba v naravi, ki je po metodologiji zajema sprememba dejanske rabe ali ne (Slika 97).

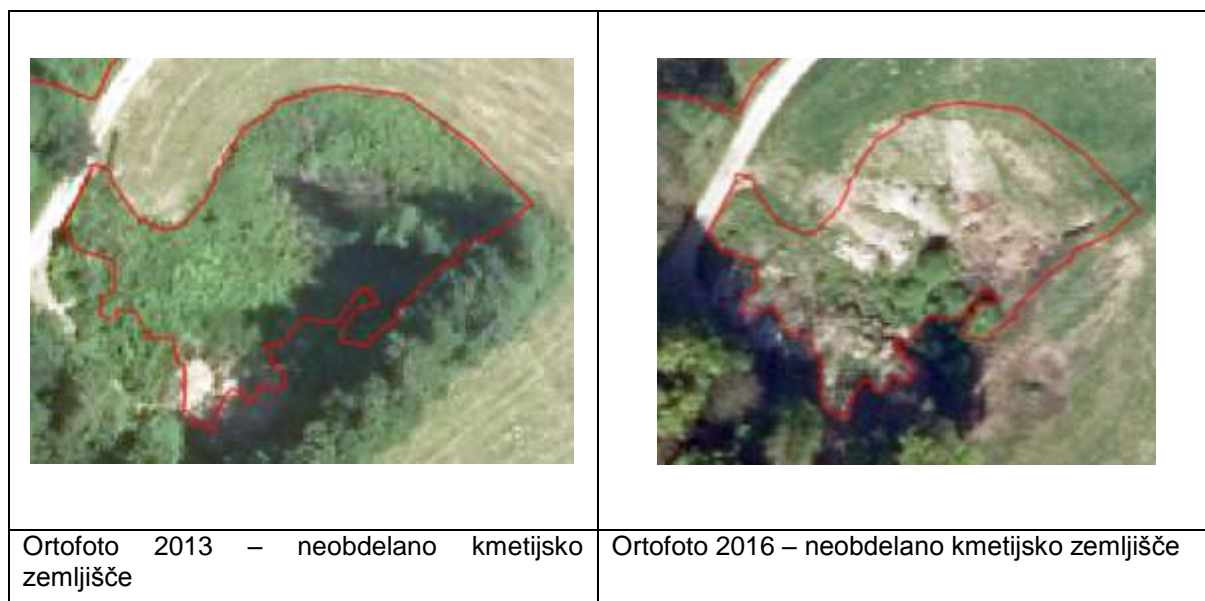
Pravilnost glede na vrsto spremembe



Slika 97: Pravilnost glede na vrsto spremembe.

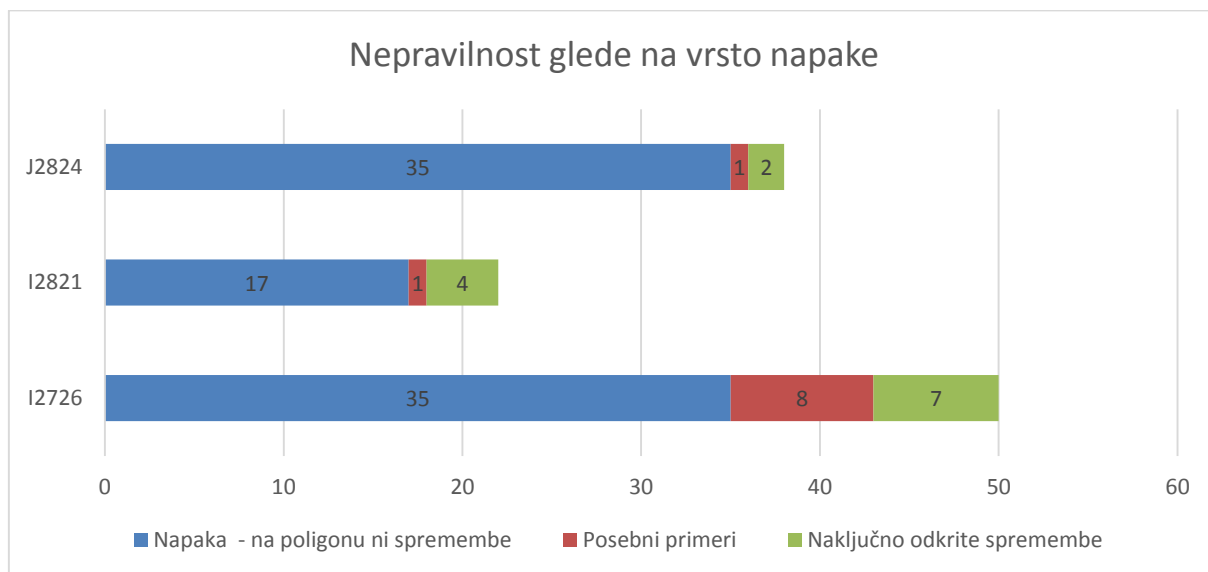
V prvo skupino pravilno določenih sprememb s samodejno identifikacijo, ki so skladne s spremembo dejanske rabe po obstoječi metodologiji obnove dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, smo ugotovili ujemanje v 67 % (126 poligonih) na listu I2726, 73 % (122 poligonih) na listu I2821 in 63 % (144 poligonih) na listu J2824. Skupaj na vseh treh listih je bilo ujemanje v povprečju 67 %. Vse podane cenilke (deleži) so določeni glede na število vseh poligonov sprememb.

V drugo skupino pravilno določenih sprememb smo uvrstili dejanske spremembe v naravi, ki pa po metodologiji za obnovo ne predstavljajo spremembe podatkov dejanske rabe. Primer takšnih sprememb so poseke znotraj gozda, pokošeni kanali ali očiščene mejice, ki pa še vedno spadajo v skupino zaraščanja ali neobdelanih kmetijskih površin (Slika 98). Te spremembe smo uvrstili v razred pravilno, ker je do dejanske spremembe v naravi prišlo in jo mora operater s fotointerpretacijo ovrednoti ali gre za spremembo rabe ali ne. Na listu I2726 je bil delež teh sprememb 6 % (12 poligonov), na listu I2821 znaša delež 14 % (24 poligonov) in na listu J2824 20 % (46 poligonov). Skupaj na vseh treh listih znaša delež teh sprememb 14 %.



Slika 98: Primer pravilno določene spremembe s samodejno identifikacijo, ki ne pomeni spremembe dejanske rabe po metodologiji obnove.

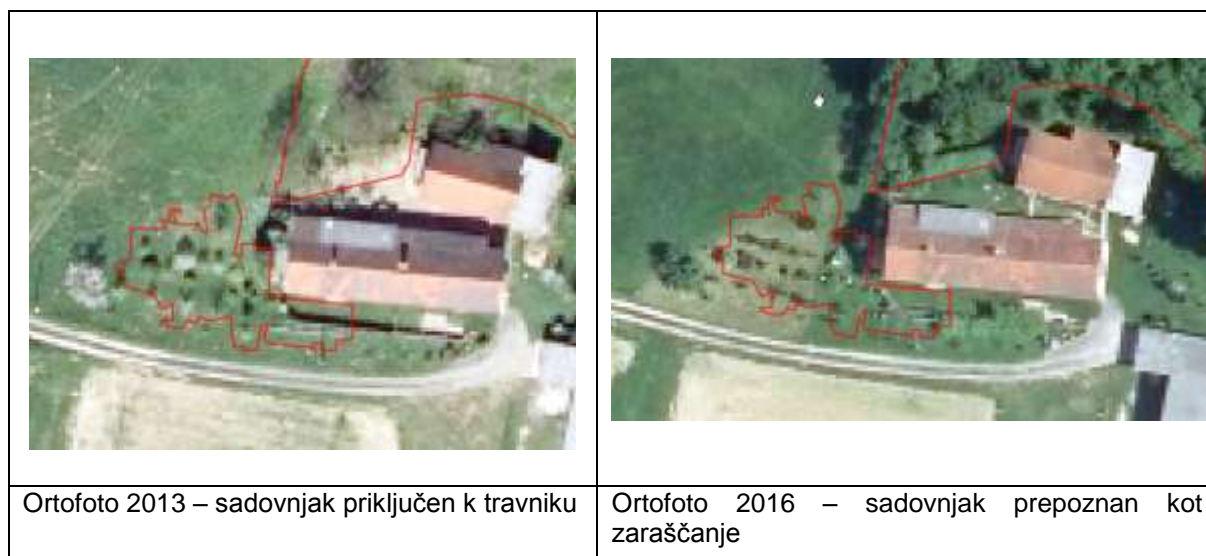
V nadaljevanju podajamo še statistiko podrobne vrste nepravilnosti (Slika 99).



Slika 99: Nepravilnost glede na vrsto spremembe.

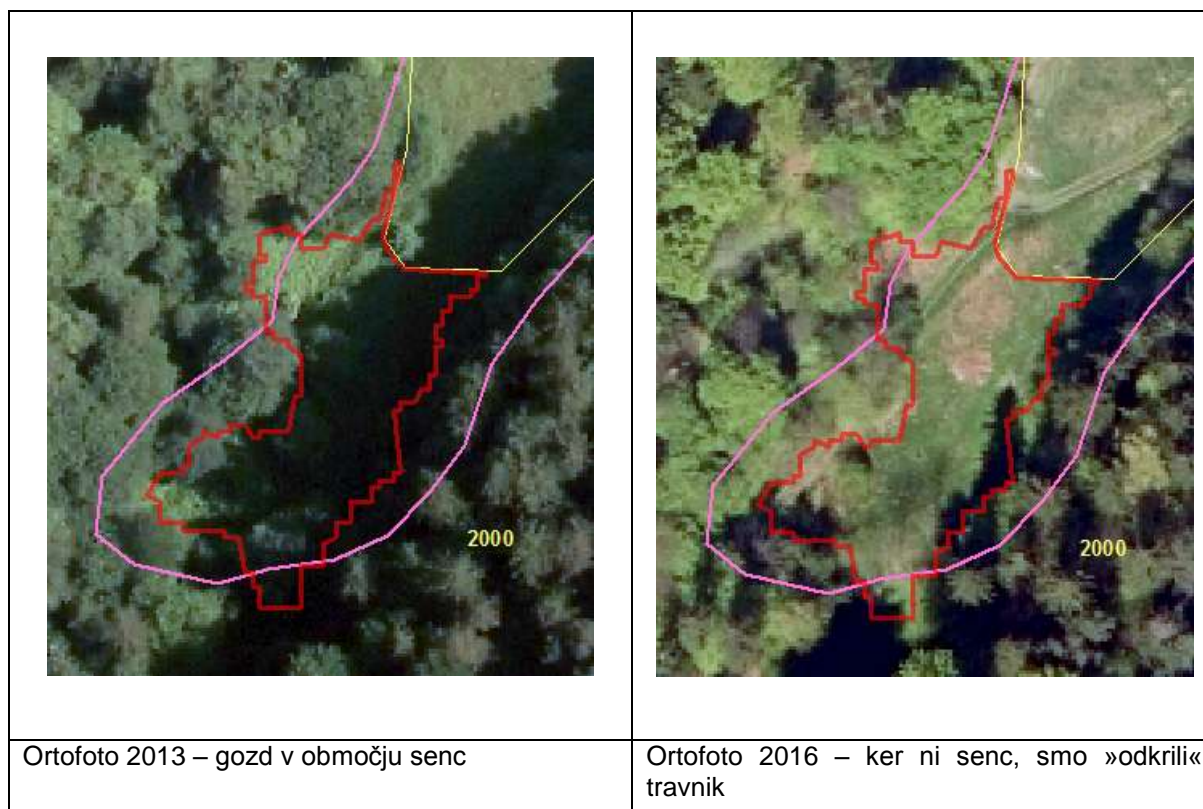
Nepravilno določene spremembe (na poligonu ni nobene spremembe) smo odkrili na 35 poligonih (19 %) na listu I2726, na 17 poligonih (10 %) na listu I2821 in na 35 poligonih (15 %) na listu J2824. Skupaj na vseh treh listih delež napak znaša v povprečju 15 %.

V skupino posebni primeri sprememb smo uvrstili poligone odkrite s samodejno identifikacijo, ki sicer nakazujejo potencialno spremembo. Primer na sliki (Slika 100) prikazuje samodejno prepoznano zaraščanje, ki je v naravi dejansko sadovnjak in je priključen ter združen v enotni poligon travniku. Ker so višine indic za zaraščanje, je bil sadovnjak napačno določen kot zaraščanje. Če bi bil sadovnjak v rabi zajet kot samostojen poligon, potencialnega zaraščanja v opozorilnem sloju nebi imeli. Teh tipov sprememb je bilo malo, skupaj le 2 %.



Slika 100: Primer nepravilno odkrite spremembe zaraščanja

V zadnjo skupino sprememb smo uvrstili naključno odkrite spremembe s samodejno identifikacijo. V to skupino spadajo predvsem poligoni, ki so na enem izmed posnetkov pokriti s senco (Slika 101). Tudi v to skupino smo uvrstili zgolj 2 % poligonov.



Ortofoto 2013 – gozd v območju senc

Ortofoto 2016 – ker ni senc, smo »odkrili« travnik

Slika 101: Primer naključno odkrite spremembe gozdnega roba

Na podlagi vrednotenja ocenjujemo, da so rezultati ustrezne kakovosti za uporabo pri operativnem zajemu. Na podlagi opozorilnega sloja smo identificirali ključne spremembe na posameznem listu.

5.1.2.2 Vrednotenje analize časovnih vrst

Na študijskem območju smo z analizo časovnih vrst identificirali spremembo na 9-ih travnikih. Število identificiranih sprememb je premajhno za zanesljivo kvantitativno vrednotenje podatkov (delež pravilnosti in popolnosti), zato v nadaljevanju podajamo le oceno pravilnosti posamezne spremembe.

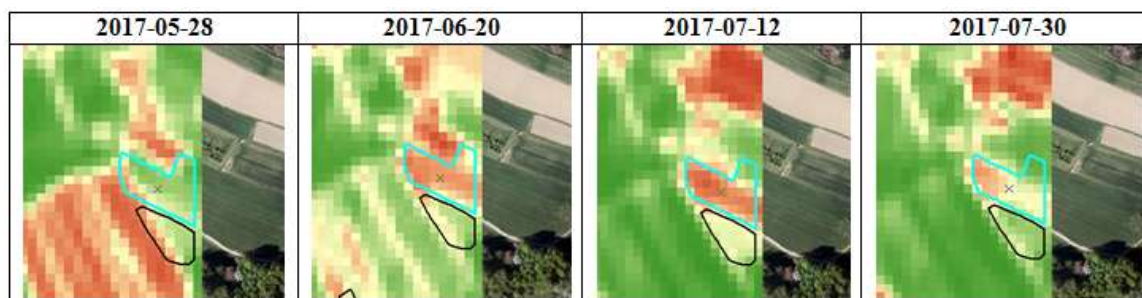
Na podlagi podatkov izvedenih kontrol na terenu v letu 2017 (Vir: ARSKTRP) smo preverili vseh devet poligonov trajnih travnikov, za katere smo z metodama časovnih vrst in časovnih grafov ugotovili morebitne nepravilnosti rabe v rastni sezoni 2017. Komentarje iz sloja ARSKTRP v stolpcu Opomba in potrditev pravilnosti analiz v stolpcu Pravilnost prikazuje spodnja slika tabele.

1300_sumljivi_preverjeni_048											
PK	Shape*	Id	List	RAM	PK 1	RARA ID	Opomba	PrijavaID	Prijava	Kontrola	Pravilnost
0	Polygon	0	02726	549098	1300		Prijava 1300, delna 1100 - južnan	1300	1100		1
1	Polygon	0	02726	3003607	1300		Prijava 1300 samo na pokrovcu poligona, za preselitek ni znano	1300	0		1
2	Polygon	0	02621	2629629	1300		Prijava 1300 - trajni travnik in 1100 - korača	1300	1100	OK	1
3	Polygon	0	02621	1312733	1300		Prijava 1300 - trajni travnik in 1100 - korača	1300	1100	OK	1
4	Polygon	0	02621	5167705	1300		Prijava 1300 - na manjšem delu travnika 1100-travnje mešanice	1300	1100		1
5	Polygon	0	02621	2627705	1300		V celoti 1300	1300	0		0
6	Polygon	0	02621	3351104	1300		V celoti 1300	1300	0	OK	0
7	Polygon	0	02624	3295929	1300		V celoti 1300	1300	0		0
8	Polygon	0	02624	4562776	1300		Prijava 1300 - na manjšem delu travnika 1100-korača	1300	1100		1

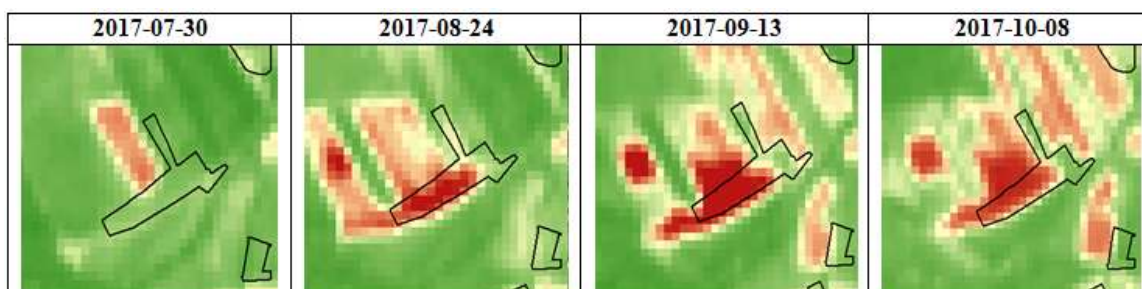
V nadaljevanju kot dodatno (vizualno) utemeljitev podajamo vizualni prikaz zaznanih odstopanj pričakovane fenologije trajnega travnika na obravnavanih sumljivih poligonih. Zeleni odtenki predstavljajo višje vrednosti vegetacijskega indeksa NDVI (>0,4) in zdravo (aktivno) vegetacijo, rdeči odtenki pa nižje vrednosti (<0,4) ter morebitno neaktivno vegetacijo ali celo nepravilnosti (človeški posegi). V odvisnosti od vrste nepravilnosti na izbranem poligonu so datumi v tabelah različni.

List I2726

POLIGON: 549098 – prijava 1300, delno 1100 – ječmen, pravilnost 1

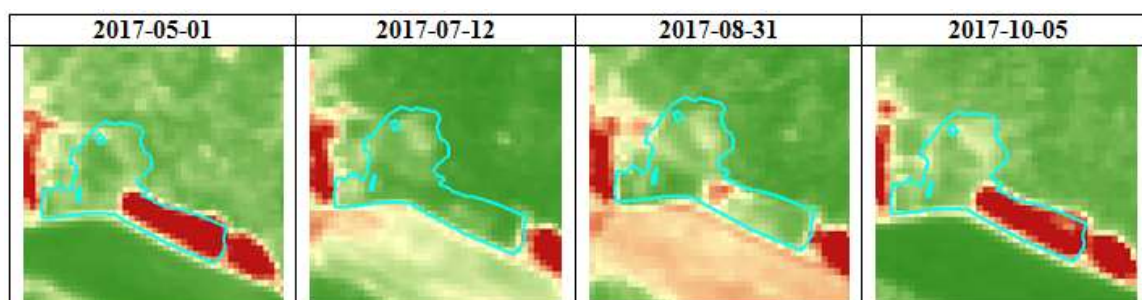


POLIGON: 3000687 – prijava 1300 samo na polovici poligona, za preostanek ni znano, pravilnost 1

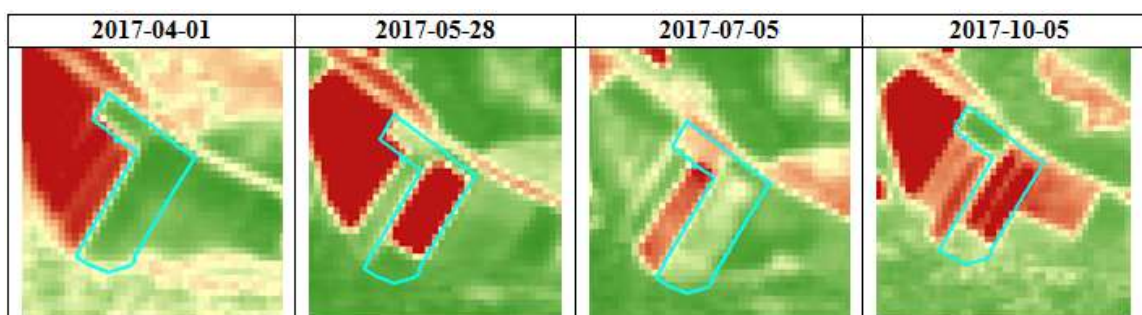


List I2821

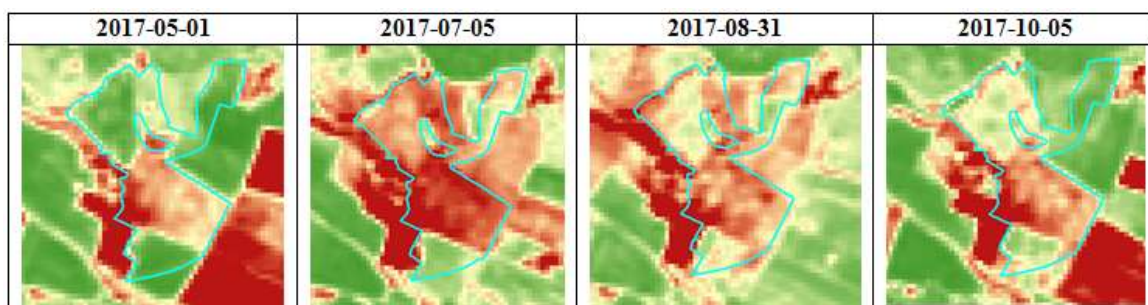
POLIGON 2029620: prijava 1300 – trajni travnik in 1100 – koruza, pravilnost 1



POLIGON 1312783: prijava 1300 – trajni travnik in 1100 – koruza, pravilnost 1



POLIGON 5187785: prijava 1300 – na manjšem delu travnika 1100 – travne mešanice, pravilnost 1

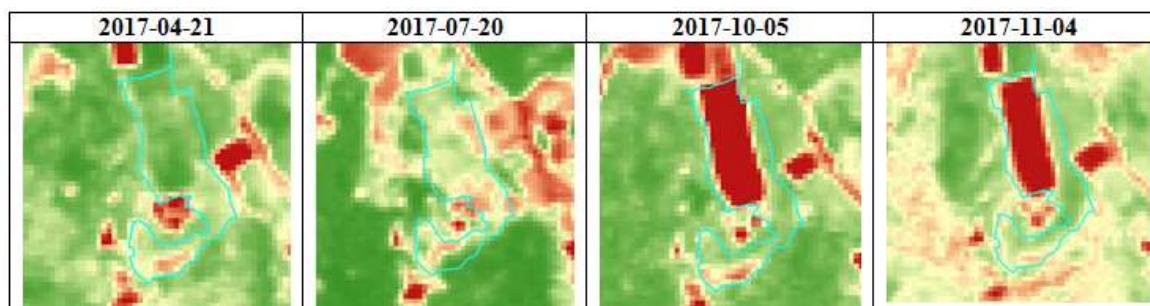


Ortofoto 2016, trajni travnik (srednji ograjen del je pašnik)



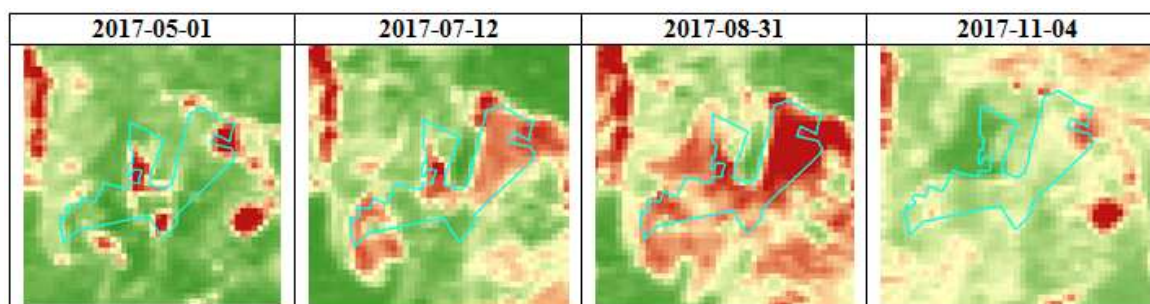
POLIGON 2027705: v celoti 1300, pravilnosti ni možno oceniti na podlagi razpoložljivih podatkov

Za ta poligon bi bilo priporočljivo ponovno preveriti morebitne nepravilnosti. Glede na nizke vrednosti NDVI v oktobru in novembru 2017 predpostavljamo, da je bil del poligona namreč preoran.



POLIGON 3351104: v celoti 1300, pravilnosti ni možno oceniti na podlagi razpoložljivih podatkov

Na tem poligonu je na podatkih Sentinel-2 (31.8.2017) jasno viden znaten upad vegetacijskega indeksa, kar lahko potencialno pomeni, da se je travnik v tem obdobju preoral. Na podlagi podatkov kontrole ne moremo potrditi tega dejstva, sumimo pa, da je bil travnik preoran zaradi očiščenja zarasti in ponovno zatravljen.



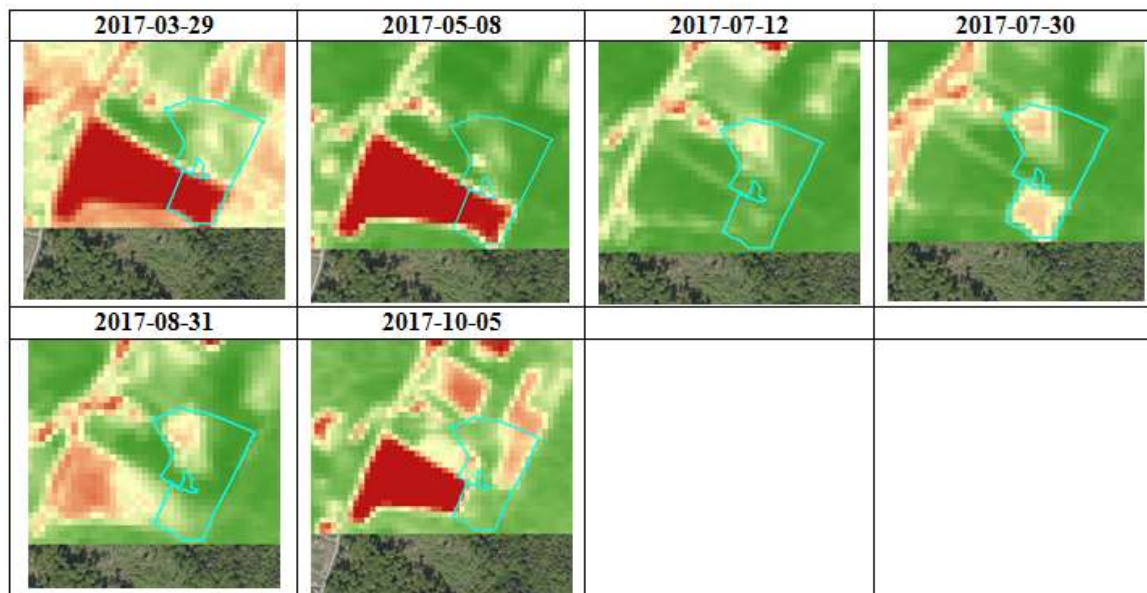
Ortofoto 2016



List J2824

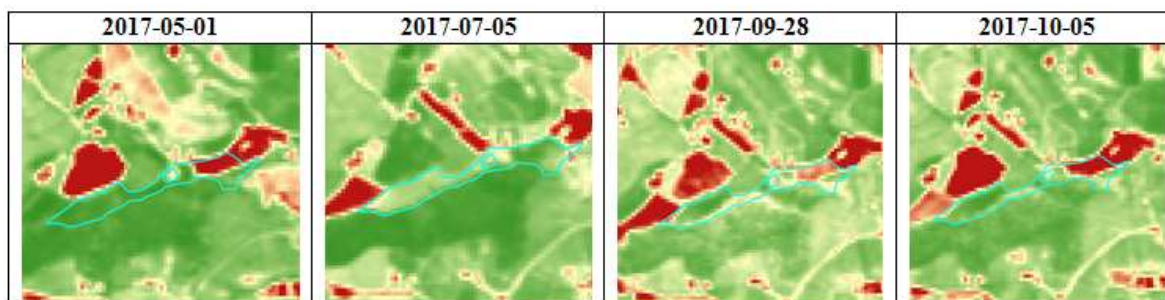
POLIGON 3295920: v celoti 1300, pravilnosti ni možno oceniti na podlagi razpoložljivih podatkov

Za ta poligon bi bilo priporočljivo ponovno preveriti morebitne nepravilnosti. Glede na nizke vrednosti NDVI spomladi 2017 predpostavljamo, da je bil del poligona namreč preoran.



Ortofoto 2016





5.1.2.3 Vrednotenje analize neposredne primerjave dveh ali več posnetkov

Vrednotenje rezultatov, ki smo jih pridobili z generičnim postopkom neposredne primerjave, je potekalo na dveh ravneh: z oceno (kontrolno) postopka ter z vzorčnim vizualnim pregledom na izbranem primeru vzorca sprememb na podatkih Pléiades za list j2824. Ker časovni razmik med primerjanima posnetkoma (leto 2014-2016) ni enako časovnemu razmiku referenčnega sloja (2013-2016), navzkrižne primerjave pravilnosti in popolnosti nismo mogli opraviti.

Ob oceni kakovosti/sprejemljivosti posameznih korakov postopka (interna kontrola dopustnih vrednosti) ter natančnem pregledu dobljenih rezultatov na različnih podatkih (Sentinel-2, Pléiades, ortofoto in infrardeči ortofoto), smo ugotovili, da predlagani generični postopek ni odvisen od vira podatkov in daje pri enakih vhodnih parametrih podobne rezultate, pri čemer sta na sam vzorec sprememb vplivala predvsem dva dejavnika: prisotnost infrardečega spektralnega kanala ter meteorološko pogojene medletne razlike (npr. sušna, namočena tla) ali razlike v radiometričnih lastnostih. Predvsem zaradi tega je v vzorcu sprememb praviloma visok delež zaznanih razlik, ki so pravilno zaznane kot razlike med datumoma, vendar ne gre za spremembe rabe (so odraz razlik v bio-fizikalnih lastnostih iste pokrovnosti oziroma njihovih radiometričnih vrednosti). Postopek ovrednotenja z vizualno primerjavo virov je časovno zelo zamuden, zato smo validacijo opravili za en primer (vinogradi), ki naj služi za orientacijo ovrednotenja metode neposredne primerjave dveh posnetkov.

V postopek identifikacije sprememb je bilo vključene 93 % površine lista J2824 (površina vseh mask za posamezne kategorije sprememb rabe). Skupna površina vzorca vseh identificiranih sprememb na listu je slabih 7 % ali 45 ha, kar nas navaja k razmisleku, da bi lahko kriterije še nekoliko omilili, saj bi še sprejemljiva površina lahko zavzela tudi 10-20 %. V ta vzorec smo namreč zajeli zgolj spremembe, ki so bile potrjene v treh ali štirih spektralnih kanalih in katerih površina je večja od 100 m². Zanimalo nas je tudi, kolikšen je delež površine identificiranih sprememb na območjih posamezne proučevane rabe (opazovane kategorije sprememb). Te površine bi potencialno pomenile, kakšen delež območja bi operater pri vzdrževanju (na posamezno rabo) moral pregledati. Pokaže se, da je na območju kmetijskih (njivskih) površin, površin, ki so identificirane kot spremembe, okoli 11 % (13.80 ha), na območju vinogradov 9 % (13.72 ha), na območju travnikov 9 % (11.75 ha), na območju sadovnjakov 11 % (2.80 ha) ter na območju gozda 2 % gozdnih površin (3.40 ha). Statistika števila poligonov, na katere nas vzorec identificiranih sprememb napoti, tako nanese kar 780 poligonov za obravnavani list.

Vendar je vizualna interpretacija pokazala, da vzorec identificiranih sprememb vsebuje tudi spremembe, ki nas ne zanimajo in ki jih v postopku obnove ali vzdrževanja ne upoštevamo. Zato smo na vzorcu vinogradov, ki zaradi heterogenosti velja za bolj težavno kategorijo rabe za določanje sprememb (sence objektov, heterogena tekstura), vizualno pregledali in karakterizirali celoten vzorec sprememb in vse poligone rabe vinogradi.

Postopek ovrednotenja je potekal ob sočasnem pregledu obeh podatkovnih virov (posnetek Pléiades 2014, 2016) ter oceni pravilnosti zaznanega vzorca sprememb. Spremembe smo razdelili (in označili kot opisni atribut v vektorski datoteki) v pet možnih izidov (Tabela 24).

Tabela 24: Uporabljeni izidi za vrednotenje vzorca sprememb pri metodi neposredne primerjave dveh posnetkov ter rezultat vrednotenja na primeru vzorca sprememb na rabi vinogradih.

Oznaka	Kategorizacija spremembe	Število in delež poligonov v vzorcu sprememb na vinogradih	
0	Pravilno = sprememba rabe	5	1.8 %
1	Pravilno ≠ sprememba rabe	263	93 %
2	Napaka: ni spremembe, niti spremembe rabe	3	1 %
3	Napaka: je sprememba, ni sprememba rabe	11	3.9 %
4	Napaka: je sprememba, tudi sprememba rabe	1	0.4 %

Vrednotenje vzorca identificiranih sprememb na rabi vinogradih razkrije, da daleč največji delež odpade na lažno pozitivne spremembe, torej pravilno zaznane razlike med posnetkoma, ki pa v naravi niso spremembe rabe (oznaka 1). Delež znaša kar 93 %. Delež napak, ko postopek identificira spremembo, te pa ni, je nizek (oznaka 2), kar kaže na to, da je identifikacija vendarle zanesljiva in da ustrezno prestreže večje razlike. Naslednji pomemben podatek je tisti, ki nam pove, koliko sprememb je postopek spregledal. Ker smo vizualno pregledali tudi vse poligone vinogradov, nam to informacijo podajata oznaki 3 in 4. Spregledanih primerov skupaj je 4.3 %, tistih, ki so pomembni za vzdrževanje ali obnovo sloja rabe, pa le 0.4 %. Pravilno zaznanih sprememb rabe, ki so pomembne za postopek obnove kaže oznaka 0, je zgolj slaba 2 % oziroma pet poligonov.

Glede na to, da je raba vinogradov najbolj zahtevna in problematična za generični postopek identifikacije sprememb, ta razmerja gotovo niso slabša pri drugih kategorijah proučevanih skupin sprememb (kmetijske/njivske, travniki, gozd, sadovnjaki). Zaključimo torej lahko, da je generični postopek identifikacije sprememb zanesljiv in relevanten. Predvidevamo, da bi delež spregledanih primerov lahko zmanjšali, če bi omilili kriterije izbora. S tem bi se sicer povečal tudi skupni delež površin za pregled, vendar je ta omejitev še v sprejemljivih okvirih fleksibilnosti, saj trenutni vzorec predstavlja zgolj 7 % površine celotnega lista.

5.2 Zasnova operativnega postopka uporabe sloja sprememb v procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe

Cilji aktivnosti je zasnova uporabe alternativnih virov podatkov in sloja sprememb v procesu vzdrževanja podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

Kljub temu, da rezultati vrednotenja kažejo, da so tako alternativni viri kot tudi opozorilni sloji primerni za operativno uporabo v procesu obnove podatkov dejanske rabe, predlagamo, da se uvajanje sprememb izvaja postopoma. Predlagamo uvedbo sprememb operativnega postopka v treh fazah:

- 1. faza: uporaba alternativnih virov podatkov za vzdrževanje dejanske rabe v obstoječem procesu obnove na nivoju kontrolorja,
- 2. faza: uporaba opozorilnega sloja sprememb dejanske rabe, izdelanega s samodejnim postopkom v obstoječem procesu obnove na nivoju kontrolorja ter
- 3. faza: prenova obstoječega procesa obnove.

V 1. fazi predlagamo, da kontrolorji v fazi kontrole uporabijo alternativne vire podatkov, na podlagi katerih je možno izboljšati kakovost podatkov dejanske rabe. To so IR ortofoti, sloji višin nad terenom ter lidarski podatki. Postopek obnove rabe ostaja za operaterja nespremenjen.

V 2. fazi predlagamo, da kontrolorji v fazi kontrole uporabijo opozorilni sloj sprememb. Opozorilni sloj sprememb usmerja kontrolorja na bistvene spremembe v naravi (ne glede na to, kontrolor še zmeraj preverja vse poligone). Rezultat uporabe opozorilnega sloja s strani kontrolorja je optimizacija procesa

kontrole ter hkrati verifikacija rezultatov na različnih tipologijah krajine in priprava izhodišč za prenovo obstoječega procesa obnove.

V 3. fazi predlagamo prehod na prenovljen proces obnove podatkov, ki bo vključeval uporabo alternativnih virov podatkov (1. faza) ter opozorilnega sloja (2. faza). V skladu z izkušnjami, pridobljenimi tekom 1. in 2. faze, se pripravi predlog novega procesa obnove podatkov. Na podlagi dosedanjih izkušenj pri obnovi podatkov rabe po obstoječem postopku (»zajem štirih oči« s 100 % deležem kontrole podatkov) ter izkušenj pridobljenih v okviru testiranj (glej 4.2 in 5.1, obnova rabe na podlagi alternativnih virov podatkov ter vrednotenje opozorilnih slojev) predlagamo spremembo v razdelitvi nalog operaterja in kontrolorja ter uvedbo novega akterja – prostorskega analitika. Predlagamo, da:

- operater zajema le spremembe na poligonih opozorilnega sloja,
- kontrolor preveri obnovo rabe na poligonih opozorilnega sloja ter izvede kontrolo sprememb rabe na poligonih, ki niso del opozorilnega sloja,
- prostorski analitik skrbi za izdelavo opozorilnega sloja in sodelovanje s kontrolorjem za permanentno optimizacijo postopka samodejne identifikacije.

5.2.1 Zasnova terminskega načrta uvedbe sprememb

Predlagamo, da se posamezne faze sprememb uvedejo postopoma v naslednji cikel obnove, in sicer 1. leto 1. faza, 2. leto 2. faza ter v tretjem letu testna uvedba novega procesa obnove podatkov na pilotnem območju. V primeru uspešnosti implementacije novih podatkovnih virov in novega procesa v operativno delo, se predlaga obnova dejanske rabe na podlagi novega procesa v nadaljnjih ciklih obnove.

5.2.2 Zasnova operativnega navodila za uporabo alternativnih virov podatkov in rezultatov samodejne identifikacije sprememb.

Operativno navodilo predstavlja dopolnitev obstoječega Interpretacijskega ključa – podroben opis metodologije zajema dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (verzija 6.0, 8. 10. 2013), ki so objavljeni na <http://rkg.gov.si/GERK/>. Za potrebe prehoda na prenovljen proces obnove podatkov, ki bo vključeval uporabo alternativnih virov podatkov in opozorilnega sloja, se predlaga dopolnitev dokumenta z naslednjimi poglavji:

1. Seznam pojmov in kratic

Pojasnitev novih pojmov, npr. opozorilni sloj, sloj sprememb.

2. Metoda in viri za zajem

Opis metode zajema z metodo fotointerpretacije .

Opis posameznih alternativnih virov za zajem (razlaga vsebine in opisnih podatkov) ter opredelitev načina uporabe posameznega vira. Opis se pripravi minimalno za IR ortofoto, digitalni model površja, model višin, sloj sprememb in opozorilni sloj.

3. Navodila za izvedbo projekta obnove podatkov

3.1 Postopek obnove

Opis spremenjenega postopka obnove podatkov, ki vključuje uporabo opozorilnega sloja. Operater obnovi le poligone, ki so v opozorilnem sloju, kontrolor pa izvede kontrolo nad celotnim listom.

3.2 Opis del in vloga posameznih akterjev

Opis posameznih del in seznam nalog (odgovornosti) posameznih akterjev:

- vodenje projekta,
- obnova podatkov,
- kontrola obnove podatkov.

3.3 Program izobraževanj

Program izobraževanj se dopolni s primeri uporabe sloja sprememb in opozorilnega sloja ter alternativnih virov podatkov (IR ortofoto, sloj višin). Operaterje in kontrolorje je potrebno izobraziti o pravilnem načinu uporabe podatkovnih virov, ki so informativnega značaja. Podlaga za zajem geometrije še vedno ostaja primarni vir, ortofoto.

Dopolnitev poglavja Podrobni opis zajema dejanske rabe:

Za vsako podrobno vrsto dejanske rabe se doda primere uporabe sloja sprememb.

6 DISEMINACIJA PODATKOV

6.1 Diseminacija na nacionalni ravni

Cilj aktivnosti je sprotno obveščanje različnih deležnikov o stanju projekta in vmesnih rezultatih projekta.

To smo izvajali z rednimi vsebinskimi sestanki med partnerji projekta za uskladitev delovnih rezultatov in doseg optimalnih učinkov projekta. Prav tako smo izvajali vsebinske sestanke na katere je bil vabljen naročnik in smo mu prikazali vmesni rezultate projekta ob zaključku večjih faz. Po potrebi smo izvedli tudi predstavitve rezultatov projekta ministrstvom in organom v sestavi ter različnim uporabnikom podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

GI je na spletnem mestu svoje organizacije odprl posebno spletno stran, ki bo namenjena projektu.

6.1.1 Sestanki z naročnikom

Partnerji na projektu smo izmenjevali poglede na vsebino, usmeritve in rezultate testiranj na mesečnih sestankih partnerjev ter na petih sestankih z naročnikom 14. 10. 2016, 30. 11. 2016, 7. 4. 2017, 3. 10. 2017, 29. 3. 2018.

Izvedli smo tudi predstavitev del izvedenih na projektu ARSKTRP dne 5.10. 2017.

6.1.2 Vzpostavitev spletne strani projekta

Na spletnem mestu Geodetskega inštituta Slovenije smo vzpostavili spletno mesto projekta. Na njej so objavljene naslednje vsebine:

- povzetek projekta,
- podatki o financiranju projekta in logotipi financerjev,
- predstavitev projektne skupine s povezavami na SICRIS,
- predstavitev delovnih paketov in
- rezultati projekta.

Spletna stran bo aktivna še 5 let po zaključku projekta.

Vsebina je objavljena na spletnem naslovu <http://www.gis.si/sl/predstavitev-projektov/v2-1620> v slovenskem jeziku (Slika 102) in na naslovu <http://www.gis.si/en/predstavitev-projektov/v2-1620> v angleškem jeziku (Slika 103).

<http://www.gis.si/sl/predstavitev-projektov/v2-1620>

Domov O nas Področja Storitve Reference

GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE f YouTube

Domov > Predstavitve projektov > V2-1620

Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč

Financiranje projekta
Projektna skupina
Delovni paketi
Rezultati

Skupna kmetijska politika je ena od najpomembnejših politik Evropske skupnosti. Mehanizmi skupne kmetijske politike vključujejo med drugim tudi neposredna plačila, ki predstavljajo stalen dohodek za kmetovalce in imajo pozitiven vpliv na ohranjanje kmetijske pridelave v Sloveniji, kakor tudi za ohranjanje kulturne krajine.

Trenutno predstavlja osnovni vir za ugotavljanje upravičenosti do pridobitve neposrednih plačil podatek o dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč, ki se posodablja na podlagi državnih ortofoto posnetkov v triletnih ciklih. Na nekaterih območjih so lahko podatki o dejanski rabi starejši od treh let, kar povzroča težave pri procesu ugotavljanja upravičenosti do neposrednih plačil. Zato je nujna uvedba alternativnega vira podatkov o dejanskem stanju v prostoru in optimizacija procesa vzdrževanja podatkov.

Samodejni postopki identifikacije sprememb pokrovnosti tal z uporabo različnih podatkov daljinskega zaznavanja so še neizkoriščen potencial za izboljšanje kakovosti podatkov o dejanski rabi prostora kmetijskih in gozdnih zemljišč. Z uporabo samodejnih postopkov zaznave sprememb pa lahko pripomoremo tudi k izboljšanju učinkovitosti postopkov vzdrževanja. S predlaganim projektom želimo prispevati k izboljšanju ažurnosti in kakovosti podatkov dejanske rabe ter k zmanjšanju nepravilnosti pri prijavi kmetijskih upravičencev za posamezne ukrepe skupne kmetijske politike.

Ažurnost podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč je tesno povezana z razpoložljivostjo državnih ortofotov, ki so izdelani v okviru državnih projektov Ciklično aerofotografiranje Slovenije (CAS). Vsako leto se namreč obnovi podatke dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč le za del državnega ozemlja, za katerega je bilo v tekočem letu izvedeno aerofotografiranje in so na voljo ortofoti (izveden CAS). Aerofotografiranje se izvaja v obdobju dveh do štirih let, v izrednih okoliščinah se perioda lahko še podaljša, zaradi na primer neugodnih vremenskih razmer v času snemanja. Tako državni ortofoti, kot osnovni vir podatkov, občasno ne zadoščajo zahtevam glede ažurnosti dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Možno rešitev predstavlja uporaba alternativnih virov podatkov daljinskega zaznavanja kot so optični satelitski posnetki, radarski posnetki in lidarski podatki.

Vzdrževanje dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč temelji na fotointerpretaciji državnih ortofotov in množici pomožnih podatkov. Obnova podatkov poteka dvostopenjsko, in sicer na prvi stopnji posamezen poligon pregleda in po potrebi obnovi operater-zajemalec, na drugi stopnji pa obnovljene podatke potrdi in po potrebi popravi operater-kontrolor. Dvostopenjska obnova podatkov sicer zagotavlja kakovostne podatke, vendar je časovno in kadrovska zelo potratna. Možne spremembe postopka vzdrževanje predstavljajo delno samodejne metode, kjer se s samodejnimi postopki identificira spremembe, nato pa operater te spremembe preveri in zajame z metodo fotointerpretacije. Operater bi tako ciljano popravil samo območja, kjer se je s samodejno metodo zaznalo spremembe. Na ta način bi lahko optimizirali zajem sprememb dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč.

Slika 102: Spletna stran projekta v slovenskem jeziku.

Home About us Fields of expertise Services References

GEODETIC INSTITUTE OF SLOVENIA

Home > Project overview > V2-1620

Automatic procedures for the identification of changes in the actual use of agricultural land

[Financing](#)
[Project group](#)
[Work packages](#)
[Results](#)

The common agricultural policy is one of the most important policies of the European Community. Common agricultural policy mechanisms include the direct payments, which represent a steady income for farmers and have a positive impact on the preservation of agricultural production and preservation of cultural landscape in Slovenia.

Currently the data layer of the actual land use of the agricultural and the forest land represents the basic source for determining eligibility for obtaining direct payments and is updated on the basis of national orthophotos in three-year cycles. In some areas the information about actual land use is more than three years old, which causes problems in the process of determining eligibility for direct payments. It is therefore necessary to introduce an alternative source of information about the actual situation in the area and optimization of process data maintenance.

Automatic procedures for identification of land cover changes using various remote sensing data have unexploited potential to improve the quality of data on the actual land use of the agricultural and the forest land. The usage of automated processes for classification of land use changes can also contribute to the efficiency of the maintenance procedures. The proposed project will contribute to up-to-date status and quality of the actual land use to reduce irregularities in the agricultural beneficiaries reports for individual measures of the common agricultural policy.

Up-to-date status of actual land use of agricultural and forest land is closely linked to the availability of state orthophotos, which are produced in the national projects of the Cyclical aerial photographing of Slovenia (CAS). Actual land use of the agricultural and the forest land is updated every year only for the part the national territory for which aerial images and orthophoto was produced in this year (CAS was carried out). Aerial photography is carried out in a period of two to four years, in exceptional circumstances this period may be extended, due to for example adverse weather conditions at the time of recording. Thus, the state orthophotos as a primary source of information for updating the actual land cover use of agricultural and forest land, sometimes do not meet the requirements with regard to up-to-date status. Possible solution represents the use of alternative sources for actual land use updating by means of remote sensing data such as optical satellite imagery, radar imagery and lidar data.

Updating actual land use of agricultural and forest land is based on photointerpretation of state orthophotos and numerous auxiliary data. Updating is conducted in two stages; in the first stage each polygon is reviewed and, if necessary, updated by operator – photointerpreter. In the second stage, the updated data are confirmed and, if necessary, corrected by the operator - controller. The two-stage updating process provides quality data, but it needs a lot of resources in time and staff. Updating procedures may be improved by the introduction of at least partially automated methods in the production line. This means the introduction of partly automated classification of land use changes, when the operator would check only the areas identified as potential areas with land use change by manual photointerpretation. In this procedure the operator would make targeted updating, he will check and correct only the areas where this method automatically detect changes. In this way we can optimize the updating of the actual land use of agricultural and forest land.

Slika 103: Spletna stran projekta v angleškem jeziku.

6.2 Diseminacija za strokovno javnost

Cilj aktivnosti je širjenje znanja pridobljenega v okviru projektov na slovensko in tujo strokovno javnost.

V ta namen smo pripravili in objavili najmanj dva znanstvena prispevka v tujih ali domačih znanstvenih revijah (npr. Journal of applied remote sensing, Geodetski vestnik, Geografski vestnik) in najmanj tri strokovne prispevke v domačih strokovnih revijah ali na simpozijih (npr. Geodetski dan, GIS v Sloveniji).

V letu 2016 smo objavili dva članka:

- Triglav Čekada, Mihaela. Navidezna zvrtnjenost objektov na državnem ortofotu ali kaj moramo vedeti, ko uporabljamo državni ortofoto? Geografski vestnik, ISSN 0350-3895. 2016. <https://ojs.zrc-sazu.si/gv/article/view/4930>, doi: 10.3986/GV88107.
- Veljanovski, Tatjana, Marsetič, Aleš, Čotar, Klemen, Oštir, Krištof. Opazovanje motenj v gozdovih s satelitskimi posnetki nizke prostorske ločljivosti. V: CIGLIČ, Rok (ur.), et al. Digitalni podatki, (GIS v Sloveniji, ISSN 1855-4954, 13). 1. izd. Ljubljana: Založba ZRC, 2016.

V letu 2017 smo delo predstavili na mednarodnem simpoziju MARS:

- Mesner, N., Tič, K., Mangafić, A., Rotter, A. (2017). Monitoring the overgrowth and abandonment of agricultural land. V: MARS : 23rd annual conference, 28-29 November 2017, Gormanston, Ireland. 1-9, https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/24_autom_mesner.pdf .

Do oddaje končnega poročila pa smo pripravili naslednje prispevke, ki so še v tisku:

- Mojca Foški, Nataša Đurić, Katja Tič, Mihaela Triglav Čekada: Primerjalna analiza modelov pokrovnosti in rabe v izbranih državah = Comparative analysis of land cover and land use models in selected countries, Geografski vestnik.
- Nika Mesner, Katja Tič, Alen Mangafić, Mihaela Triglav Čekada: Samodejna razpoznavna zaraščanja na primeru kraških travnikov. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2018.
- Nataša Đurić, Urša Kanjir, Tatjana Veljanovski: Analiza časovnih vrst SENTINEL-2 za zaznavanje neupravičene rabe na trajnih travnikih, Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2018.
- Urša Kanjir, Nataša Đurić, Tatjana Veljanovski: Sentinel-2 time series based automatic detection of agriculture land use anomalies. GEOBIA2018.

7 ZAKLJUČKI

7.1 Uporaba alternativnih podatkov v obstoječem postopku vzdrževanja rabe

Uporaba satelitskih posnetkov Pléiades se je izkazala za zelo koristno pri pisarniškem reševanju NRP kot tudi za zajem dejanske rabe v primeru izpada snemanja CAS.

Kakovost zajema na podlagi Pléiades je primerljiva s kakovostjo zajema na barvnem ortofotu in pri interpretaciji nobene izmed rab bistveno ne odstopa. Poraba časa za zajem na satelitskih posnetkih je v podobnih časovnih okvirih kot poraba časa za zajem na ortofotu. Upoštevati je potrebno le, da bi v primeru masovnega zajema na satelitskih posnetkih bilo potrebno vložiti nekaj časa v dopolnitev interpretacijskega ključa s primeri iz satelitskih posnetkov in izvesti dodatno izobraževanje operaterjev, ki imajo izkušnje le s fotointerpretacijo ortofotov.

Infrardeči ortofoti in sloj višin nad terenom (CAS in LIDAR) so dober vir informacij kadar dejanske rabe s pomočjo ostalih virov ne moremo določiti ali smo v dvomih, katero izmed dveh sorodnih rab določiti. Paziti je treba, da z uporabo dodatnih slojev ne povzročimo preveč dodatnega dela pri obnovi dejanske rabe, zato bi ju uporabljali le v fazi kontrole zajema. Prav tako je potrebno upoštevati, da transformacija infrardečih ortofotov v državni koordinatni sistem D48 in izdelava sloja višin pomeni dodatno obdelavo podatkov, saj izdelka nista na voljo kot standardni izdelek CAS. Vpeljava novih slojev v obstoječ proces obnove evidence dejanske rabe bi zahtevala tudi dopolnitev interpretacijskega ključa in izvedbo dodatnih izobraževanj za skupino kontrolorjev.

7.2 Ocena možnosti uporabe posameznih samodejnih pristopov identifikacije sprememb v operativnem procesu obnove dejanske rabe

Na podlagi izvedenih testiranj posameznih pristopov samodejne identifikacije sprememb podajamo oceno možnosti implementacije rezultatov posameznega pristopa v operativni proces obnove dejanske rabe. Podane so ključne prednosti posameznega pristopa in njegove omejitve v procesu obnove dejanske rabe. V nadaljevanju je podana ocena možnosti uporabe po posameznih pristopih samodejne identifikacije sprememb.

7.2.1 Analiza klasificiranih posnetkov

Analiza klasificiranih posnetkov se primarno uporablja za analizo visokoločljivostnih podatkov (npr. ortofoti ali drugi visoko- do srednjeločljivostni posnetki) za identifikacijo nenadnih sprememb. To so spremembe vrste:

- pozidano kmetijsko zemljišče,
- sprememba njive v travnik,
- krčitve gozda, vinograda in sadovnjaka.

Te spremembe je mogoče razpoznati na podlagi primerjave para klasificiranih posnetkov pred- in po spremembi. Medtem, ko za identifikacijo sprememb rabe na njivah metoda ni primerna. Pokrovnost na njivi se tekom leta spreminja zaradi fenološke rasti poljščin in za identifikacijo sprememb ne zadoščata le dva posnetka, temveč je smiselno uporabiti časovno vrsto posnetkov.

S pristopom analize klasificiranih posnetkov smo izdelali opozorilni sloj poligonov s spremembo rabe v triletnem obdobju (2013-2016). V opozorilnem sloju je 584 poligonov oziroma 21 % vseh poligonov na testnem območju (2831). Delež sprememb poligonov (številčno) ustreza povprečnim dejanskim spremembam v naravi.

Pravilnost klasifikacije na obravnavanem študijskem območju je zelo visoka in znaša 81 %, kar presega priporočene vrednosti minimalne pravilnosti za uporabno vrednost rezultatov samodejnih postopkov. Na podlagi vrednotenja rezultatov smo identificirali nekatere nepravilnosti v postopku, ki bi

jih bilo možno z nadaljnjim razvojem metode odstraniti (npr. sence in zaraščanje) in s tem še povečati stopnjo pravilnosti identificiranih sprememb.

Razvit pristop analize klasificiranih posnetkov v okviru tega projekta je dosegel raven, da omogoča neposredno uporabo v operativnem procesu obnove dejanske rabe.

7.2.2 Analiza časovnih vrst

Analiza časovnih vrst se uporablja za proučevanje sprememb na podlagi daljše časovne serije posnetkov. Prednost obravnave časovnih vrst je večstranska. Predvsem omogoča in podpre kontekstualno vrednotenje »dogajanja« na opazovani parceli. Na podlagi statističnih kazalnikov bio-fizikalnih lastnosti površja povzame fenološke značilnosti razvoja poljščin in na tej osnovi omogoča sklepanja tudi o kmetijskih aktivnostih, ne-aktivnostih.

V projektu smo testirali analizo časovnih vrst na podlagi posnetkov Sentinel-2. Posnetki Sentinel-2 imajo prostorsko ločljivost 10 m, zaradi česar so možnosti uporabe omejene na opazovanje objektov v naravi večje razsežnosti. S testiranjem na podatkih Sentinel-2 smo ugotovili, da je minimalna meja površine obravnavanega objekta 10 pikslov oziroma 1000 m², optimalna pa 20 pikslov oziroma 2000 m². Na podlagi vrednotenja rezultatov ocenjujemo, da je **stopnja pravilnosti in popolnosti identificiranih sprememb zelo visoka in da ima pristop analize časovnih vrst zelo velik potencial za uporabo v praksi.**

V nasprotju z analizo klasificiranih posnetkov je analiza časovnih vrst zelo primerna za proučevanje sprememb na njivah, kjer velike spremembe v pokrovnosti kot posledica fenološke rasti poljščin, otežujejo razpoznavo dejanske spremembe rabe. Ocenjujemo, da je analiza časovnih vrst odlična dopolnitev analize klasificiranih posnetkov. Vendar je treba na tem mestu izpostaviti, da zaradi omejitve glede prostorske ločljivosti podatkov (minimalna površina 1000 m²) analiza klasificiranih posnetkov na podlagi Sentinel-2 ni neposredno uporabna v procesu obnove dejanske rabe (minimalna površina sprememb je 25 oziroma 100 m²). Kljub temu ima **pristop analize časovnih vrst zelo širok spekter možnosti uporabe v praksi, npr. v postopkih kontrole upravičenosti do kmetijskih subvencij za potrebe ugotavljanja nepravilnosti glede dejanske in prijavljene rabe ter v številnih primerih uporabe na področju spremljanja stanja prostora in okolja.**

7.2.1 Analiza neposredne primerjave

Postopek razpoznave sprememb z analizo neposredne primerjave je izmed vseh testiranih postopkov najenostavnejši, in najbolj splošen, generičen. Zanimalo nas je v kolikšni meri lahko odgovori na potrebe obnove in vzdrževanja rabe, saj je postopek povsem avtomatski in za delovanje potrebuje zgolj dva vhodna posnetka (satelitska ali letalska) ter masko območja zanimanja. Zato smo postopek testirali na različnih podatkih: Sentinel-2, Pléiades, ortofoto in infrardeči ortofoto.

Zato, da zagotovimo uravnoteženost zaznave sprememb med različnimi rabami je postopek treba izvajati ločeno po rabah ali drugih smiselnih skupinah pokrovnosti, torej usmerjeno. Rezultati so relevantnejši za rabe vinogradi, travniki in njive, slabši pa za rabi gozd in sadovnjaki (nehomogene površine), kjer praviloma prihaja do precenjene zaznave razlik, ki niso tudi dejanske spremembe rabe (predvsem zaradi prevlade in razlik v legah senc). Postopek lahko zelo učinkovito priredimo tudi za opazovanje izbranih kategorij sprememb (npr. sprememba travnika v njivo, krčitev ali preureditev vinograda), ki se kažejo v negativnih spremembah (upad vrednosti). Podobno kot pri analizi klasificiranih posnetkov tudi tu ugotavljamo, da spremembe njive v travnik z medletnimi primerjavami ni mogoče zanesljivo opredeliti z enkratno primerjavo stanj. Kakovost zaznave sprememb – glede na vire podatkov – je upošteva metodo in podatke primerljiva; zanesljivejša in relevantnejša pa je, kadar lahko obravnavamo tudi bližnji infrardeči spekter (boljše zaznavanje vitalnosti vegetacije je pomembno za vse kmetijske površine).

Opažamo tudi, da v vzorec prepoznanih sprememb (končni rezultat postopka) nekatere evidentne razlike niso zajete, tem rečemo spregledani primeri, nasprotno pa so v končni vzorec zajete tudi nekatere razlike, ki so le odraz različnih razmer v naravi, različnega stanja rastja na površinah ali njihovih razlik v spektru, gre za lažno pozitivne spremembe, ne napake. Na podlagi vzorčnega vrednotenja ocenjujemo, da je **končni vzorec prepoznanih sprememb sicer relevanten in glede na praviloma velike radiometrične razlike v vhodnih virih podatkov tudi zelo dober, vendar bi ga za visoko natančne študije ali povsem samostojno uporabo za opozorilni sloj pri postopku obnove rabe morali še nekoliko nadgraditi. Rešiti bi morali razpoznavo in obravnavo senc pri visokih objektih (različnih kotih snemanja) ter vpeljati dodatna logična preverjanja za končne rezultate (generalizacija vzorca).**

Metoda neposredne primerjave ni primerna za vse tipe testiranih kategorij sprememb, je pa primerna za vse tipe testiranih podatkovnih virov. Za potrebe opredelitve opozorilnega sloja je primerna za opazovanje sprememb v rabah vinogradi, njive, travniki, z nekaj prilagoditvami tudi za gozd, ni pa primerna za sadovnjake (heterogena zemljišča).

7.2.2 Relevantnost in potencialni vpliv rezultatov projekta

S stališča znanosti in stroke sta ključna rezultata projekta inovativna uporaba naprednih metod daljinskega zaznavanja in kombinacija različnih tehnik za pridobitev izvornih podatkov (satelitskih, zračnih). Uporabljeni so državni in drugi prostodostopni podatkovni viri. Vsi podatkovni viri, uporabljeni v tem projektu so uporabnikom na voljo brezplačno, s čimer smo bistveno zmanjšali stroške izdelave opozorilnih slojev (zmanjšanje za strošek nakupa podatkov od komercialnih ponudnikov). Z znanstvenega vidika je bistven rezultat projekta razvoj pristopov, ki omogočajo prehod iz popolnoma ročne obdelave podatkov (s fotointerpretacijo) v delno samodejne metode, kar je inovativno tudi v svetovnem merilu. Rezultati kažejo, da razviti pristopi presegajo zgolj osnovni namen tega projekta (optimizacija postopka obnove podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč) in jih je možno uporabiti na številnih drugih področjih uporabe, npr.:

- identifikacija dejanske rabe zemljišča, vrste poljščin ali drugih sprememb na zemljišču za uporabo v procesih kontrole izvajanja ukrepov skupne kmetijske politike,
- identifikacija sprememb dejanske rabe za uporabo v procesih vzdrževanja podatkov v državnih ali drugih velikih zbirkah podatkov (različne evidence dejanske rabe in pokrovnosti tal),
- sistemsko spremljanje sprememb, ki povzročajo trajne spremembe rabe prostora (npr. urbanizacija, degradacija kmetijskih zemljišč).

8 Literatura

Amitabh, Gopala Krishna, B., Srinivasan, T.P., Srivastava, P.K. (2008): An integrated approach for topographical mapping from space using CARTOSAT-1 and CARTOSAT-2 imagery. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B4. Beijing 2008.

ASTRIUM. (2012). Pléiades imagery user guide.

<http://www.cscrs.itu.edu.tr/assets/downloads/PléiadesUserGuide.pdf>

Arh, I. (2012): Spremembe rabe zemljišč v južni in severovzhodni Sloveniji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba I. Arh): 86 str.

Arnold, S., Kosztra, B., Banko, G., Smith, G., Hazeu, G., Bock, M., Valcarcel-Sanz, N. (2013): The EAGLE concept - A vision of a future European Land Monitoring Framework. In: Lasaponara R., Masini N., Biscione M. (Editors): EARSeL Symposium proceedings 2013, "Towards Horizon 2020" http://sia.eionet.europa.eu/EAGLE/Outcomes/EARSeL-Symposium-2013_10_2_EAGLE-concept_Arnold-et-al.pdf (Pridobljeno: 8. 11. 2016).

Arnold, S., Kosztra, B., Banko, G., Smith, G., Hazeu, G., Bock, M., Valcarcel Sanz, N. 2014: The EAGLE concept – A vision of a future European Land Monitoring Framework. Internet: http://sia.eionet.europa.eu/EAGLE/Outcomes/EARSeL-Symposium-2013_10_2_EAGLE-concept_Arnold-et-al.pdf (8. 11. 2016).

Baltsavias, E. P. (2004): Object extraction and revision by image analysis using existing geodata and knowledge: current status and steps towards operational systems. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 58: 131-151.

Banko Gebhard, Reinfried Mansberger, Heinz Gallaun, Roland Grillmayer, Rainer Pruüller, Manfred Riedl, Wolfgang Stemberger, Klaus Steinnocher, and Andreas Walli (2014): Land Information System Lisa. V: *Land Use and Land Cover Mapping in Europe*, Springer *Netherland*, 2014.

Benediktsson, J. A., Pesaresi, M. in Arnason, K. (2003): Classification and feature extraction for remote sensing images from urban areas based on morphological transformations. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41: 1940–1949.

Boutsia K., Carbone F., Del Frate F., Mitraka Z., Schiavon G. (2015): Automatic Generation of Updated Land Cover Maps at Decametric Spatial Resolution for the whole Italian Territory Using Satellite Data (<http://due.esrin.esa.int/muas2015/files/presentation46.pdf>, Pridobljeno 10.11.2016)

Bric, V., Berk, S., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2015): Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2014. 20. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. 29. januar 2015, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 57–71. http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2015/6%20SZGG_2015_Bric_Berk_Oven_Triglav.pdf

Bric, V., Oven, K., Dežman Kete, V., Mesner, N., Žagar, T., Radovan, D., Petrovič, D., Kosmatin Fras, M., Grigillo, D., Veljanovski, T., Kanjir, U., Oštir, K., Gvozdanovič, T., Smole, D., Bitenc, M. (2010): Kombinirani visokoločljivostni postopki zajemanja, razpoznavanja in vzdrževanje prostorskih podatkov: raziskovalni projekt št. V2-1095 v okviru Ciljnega raziskovalnega programa "Konkurenčnost Slovenije 2006-2013". Ljubljana, Geodetski inštitut Slovenije.

Brunner, L., Lemoine, G. in Bruzzone, L. (2008): Extraction of building heights from VHS SAR imagery using an interactive simulation and match procedure. IGARSS 2008.

Buyuksalih, G., Oruc, M., Topan, H., Jacobsen, K. (2004): Geometric accuracy evaluation, DEM generation and validation for SPOT-5 Level 1B stereo scene. EARSeL Workshop Remote Sensing for Developing Countries. Kairo, Egipt: 6 str.

Champion, N., Boldo, D., Pierrot-Deseilligny, M., Stamon, G. 2010. 2D building change detection from high resolution satellite imagery: A two-step hierarchical method based on 3D invariant primitives. Pattern Recognition Letters, 31, 10: 1138–1147. doi.org/10.1016/j.patrec.2009.10.012

- Congedo, L., Sallustio, L., Munafò, M., Ottaviano, M., Tonti, D., Marchetti, M. (2016): Copernicus high-resolution layers for land cover classification in Italy. *Journal of Maps*.
- Fabiani, N. (2014): Analiza položajne točnosti državnega ortofota glede na časovno obdobje njegove izdelave, diplomska naloga, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Ferraiuolo, G., Meglio, F., Pascasio, V., Schirinzi, G. (2009): DEM reconstruction accuracy in multichannel SAR interferometry. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing* 47(1): 191-201. Atlantis 1997.
- Foški, M. (2015): Pomanjkljivosti podatkov dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč za potrebe spremljanja stanja prostora. *Acta Geographica Slovenica*.
- Gebhard B., Mansberger R., Gallau H., Grillmayer R., Pruüller R., Riedl M., Stemberger W., Steinnocher K., Walli A. (2014): *Land Information System Lisa. V: Land Use and Land Cover Mapping in Europe*, Springer Netherland, 2014.
- Gianinetto, M. (2008): Updating Large Scale Topographic Databases in Italian Urban Areas with Submeter QuickBird Images. *International Journal of Navigation and Observation*. Volume 2008, Article ID 725429.
- Grigillo D., Kosmatin Fras, M., Petrovič D. (2011): Samodejen zajem in iskanje sprememb v topografskem sloju stavb iz digitalnega modela površja in multispektralnega ortofota. *Geodetski vestnik*, 55, 1: 28–45. UDK: 004.6:528.7:528.93:659.2
- EAGLE-Eionet Action Group on Land monitoring in Europe 2014: European Environment Agency. http://sia.eionet.europa.eu/EAGLE/#Who_is_EAGLE (Pridobljeno: 5. 11. 2016).
- ESA Copernicus Space Component Data Access. <https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/about> (Pridobljeno: 20.2.2017).
- Geodetski inštitut Slovenije (2017). Obnova evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Tehnično poročilo.
- Hazeu W. Gerard (2014): *Operational Land Cover and Land Use Mapping in the Netherlands. V: Land Use and Land Cover Mapping in Europe*, Springer Netherland, 2014.
- Hazeu W. Gerard (2014): LGN7, CLC2012 and HR layers: specifications, production and harmonisation. http://www.wur.nl/upload_mm/d/1/f/6c1495e5-e480-4976-b5ab-26896aa3bff2_Glossy_28032013_LGN7_CLC2012_HR%20layers%20%5BRead-Only%5D.pdf. (Pridobljeno 14.12.2016).
- HELM-Harmonised European land monitoring (2014). http://www.fp7helm.eu/fileadmin/site/fp7helm/HELM_Book_2nd_Edition.pdf (Pridobljeno: 7. 11. 2016).
- Holland, D. A. (ur.), Guilford, R. (ur.), Murray, K. (ur.) (2002). OEEPE-Project on Topographic Mapping from High Resolution Space Sensors. OEEPE Official Publication 44.
- Holland, D.A., Boyd, D.S., Marshall, P. (2006): Updating topographic mapping in Great Britain using imagery from high-resolution satellite sensors. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60: 212-223.
- Hovenbitzer, M., Emig, F., Wende, C., Arnold, S., Bock, M., Feigenspan, S. (2014): Digital land cover model for Germany – DLM-DE. V: *Land use and land cover mapping in Europe*. Springer Netherland
- Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., Stanley, D. 2013. Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.
- Jacobsen, K. (2011): Characteristics of very high resolution optical satellite topographic mapping. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXVIII-4/W19, ISPRS Hannover 2011 Workshop, 14-17 June 2011, Hannover, Germany.

Jenko D. 2017: Objektna klasifikacija podatkov ortofota in laserskega skeniranja za aplikacijo v prostorskem načrtovanju. Magistrska naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Jin, X. and Davis, C.H. (2005): Automated building extraction from high-resolution satellite imagery in urban areas using structural, contextual and spectral information. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 14: 2196-2206.

Keil M., Esch T., Divanis A, Marconcini M., Metz A., Ottinger M., Voinov S., Wiesner M., Wurm M., Zeidler J. (2015): Updating the Land Use and Land Cover Database CLC for the Year 2012 - „Backdating“ of DLM-DE from the Reference Year 2009 to the Year 2006.

Kim, J.-R.; Muller, J.-P. (2001): Assessment of automated techniques for extracting vegetation and buildings from 1m stereo multispectral IKONOS and 1m pan-sharpened IKONOS coupled with scanning laser altimetry. In E-Proceedings of the Joint ISPRS Workshop: High Resolution Mapping from Space 2001, Hannover, Germany, 19-21 September 2001.

Klar, T. (2016). Preučevanje vpliva metodologije zajema dejanske rabe zemljišč na spreminjanje površin vrste rabe zemljišč med letoma 2002 in 2016 v Sloveniji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta (samozaložba T. Klar): 142 str.

Kocaman, S., Zhang, L., Grün, A. and Poli, D. (2006): 3D city modeling from high-resolution satellite images. In Proceedings of the ISPRS Workshop on Topographic Mapping from Space, 14-16 February 2006, Ankara, Turkey, str. 6.

Kosmatin Fras, M., Fabiani, N., Triglav Čekada, M. (2014): Kakovost državnega ortofota v različnih letnikih njegove izdelave. Geodetski vestnik 58/4: 695-709.

Krauß, T., Reinartz, P. (2008): Urban object detections using a fusion approach of dense urban digital surface models and VHR optical satellite stereo data. Commission I, WG I/5, ThS-3.

Krupnik, A. (2000): Accuracy assessment of automatically derived digital elevation models from SPOT images. Photogrammetric engineering and remote sensing 66, 8: 1017-1023.

Lafarge, F., Descombes, X., Zerubia, J. in Pierrot-Deseilligny, M., 2008. Automatic building extraction from DEMs using an object approach and application to the 3D-city modeling. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 63: 129-136.

Lee, D. S., Shan J. and Bethel, J. (2003): Class-guided building extraction from IKONOS imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69: 143-150.

Land information system Austria (LISA) (2014). <http://www.landinformationssystem.at/> (Pridobljeno 7. 11. 2016).

Liu, Z. J.; Wang, J.; Liu, W. P. (2005): Building extraction from high resolution imagery based on multi-scale object oriented classification and probabilistic hough transform. In Proceedings of the IGARSS 2005 Symposium, Seoul, Korea, 25-29 July, 2005; str. 2250-2253.

MESNER, Nika. Analiza možnosti uporabe samodejne klasifikacije podobe za vzdrževanje prostorskih podatkovnih zbirk : magistrsko delo = Analysis of the possibility of using automatic image classification for the maintenance of spatial databases : graduation - master thesis. Ljubljana: [N. Mesner], 2016.

Mayer, H. 2008. Object extraction in photogrammetric computer vision. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 63, 2: 213-222. [doi:10.1016/j.isprsjprs.2007.08.008](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2007.08.008)

Mallet, C. (2015): Change detection in High Resolution land-use/land-cover geodatabases. EuroSDR.

Masovni zajem poseljenih zemljišč in dejanske rabe poseljenih zemljišč 2017: Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava RS. Medmrežje http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/JVN_2017/odprtni_postopek/28_Masovni_zajem_poseljenih_zemljisc_in_dejanske_rabe_poseljenih_zemljisc/Tehnicna_dokumentacija_MZ.pdf (10.1.2018)

Mena, J.B. and Malpica, J.A. (2005): An automatic method for road extraction in rural and semi-urban areas starting from high resolution satellite imagery. Pattern Recognition Letters, 26(9): 1201–1220.

- Mesner N. 2016: Analiza možnosti uporabe samodejne klasifikacije podobe za vzdrževanje prostorskih podatkovnih zbirk. Magistrska naloga. UL FGG. Medmrežje <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=83126> (10.1.2018)
- Milčinski G. (2015): Can Sentinel data revolutionize CAP processes?
- Milenov P., Vajsova B., Astrand P. (2015): Sentinel use 2016+.
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (2013): Interpretacijski ključ (Podroben opis metodologije zajema dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč). Verzija: 6.0
- Mivšek E., Pegan Žvokelj B., Kete P., Globokar T. 2012: Dejanska raba vodnih zemljišč in zemljiški kataster. Geodetski vestnik. 56-4. 663-673. Medmrežje: http://geodetski-vestnik.com/56/4/gv56-4_786-801.pdf (22.1.2018)
- Munk A. (2015): CwRS- the Finnish Experience
- Nastran, M., Žižek Kulovec, L. (2014): (Ne)usklajenost uradnih prostorskih evidenc pri ugotavljanju krčitve gozdov v Sloveniji. Geodetski vestnik, 58, 4: 724–745. doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.724-745
- Oven, K., Sandi, B., Tršan, S., Bric, V. (2014): Kontrola kakovosti izvedbe projekta »Ciklično aerofotografiranje Slovenije 2014« (CAS 2014), Končno poročilo, Geodetski inštitut Slovenije.
- Oven, K., Sandi, B., Tršan, S., Bric, V. (2014): Kontrola kakovosti izvedbe projekta »Ciklično aerofotografiranje Slovenije 2012-2014« (CAS 2012-14), Končno poročilo, Geodetski inštitut Slovenije.
- Oven, K., Sandi, B., Tršan, S., Bric, V. (2016): Kontrola kakovosti izvedbe projekta »Ciklično aerofotografiranje Slovenije 2015-2016« (CAS 2015-16), Končno poročilo, Geodetski inštitut Slovenije.
- Park, W.; Kwak, S.; Kim, T. (2000): Line-rolling algorithm for automated building extraction from 1-meter resolution satellite images. In Proceedings of International Symposium on Remote Sensing. Kyung-Ju, Korea, 1-3 November 2000; str. 31–36.
- Perko, R., Raggam, H., Gutjahr, K. in Schardt, M. (2010): The capabilities of TerraSAR-X imagery for retrieval of forest parameters. V: Wagner W., Székely, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7B.
- Pesaresi, M., Corbane, C., Juleas, A., Florczyk, A.J., Syrris, V., Soille, P. (2016): Assessment of the Added-Value of Sentinel-2 for Detecting Built-up Areas. Remote Sensing, 8(4): 299.
- Pléiades 1A (2017): <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/Pléiades-1/>
- Predlog zakona o evidentiranju ... 2017: Predlog zakona o evidentiranju dejanske rabe zemljišč javne cestne in železniške infrastrukture-prva obravnava. Ministrstvo za Infrastrukturo. Medmrežje: http://www.vlada.si/delo_vlade/gradiva_v_obravnavi/gradivo_v_obravnavi/?tx_govpapers_pi1%5Bsingle%5D=%2FMANDAT14%2FVLADNAGRADIVA.NSF%2F18a6b9887c33a0bdc12570e50034eb54%2Fb159bd70da89027dc12581ec003847bc%3FOpenDocument&cHash=e884c1c3b9f6f8cbeeba0bc8261cb241 (12.1.2018).
- Radoux, J., Chome, G., Jacques, D.C., Waldner, F., Bellemans, N., Matton, N., Lamarche, C., d'Adrimont, R., Defourny, P. (2016): Sentinel-2's potential for sub-pixel landscape feature detection. Remote Sensing 8(6): 488.
- Rottensteiner, F., Sohn, G., Gerke, M., Wegner, J. D., Breitkopf, U., Jung, J. 2014. Results of the ISPRS benchmark on urban object detection and 3D building reconstruction. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 93: 256-271. [doi:10.1016/j.isprsjprs.2013.10.004](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.10.004)
- Schmidt, M., Pringle, M., Devadas, R., Denham, R., Tindal, D. (2016): A framework for large-area mapping of past and present cropping activity using seasonal landsat images and time series metrics. Remote Sensing, 8(4): 312.
- Segl, K. in Kaufmann, H. (2001): Detection of small objects from high-resolution panchromatic satellite imagery based on supervised image segmentation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 39: 2080–2083.

- Sohn, G. and Dowman, I., (2007): Data fusion of high-resolution satellite imagery and LIDAR data for automatic building extraction. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 62: 43-63.
- Tanel T., Karlis Z., Voormansik K., Liina T. (2016): Relating Sentinel-1 Interferometric Coherence to Mowing Events on Grasslands. *Remote Sens.* 2016, 8, 802.
- Tamm, Tanel, Zalite Karlis, Voormansik Kaupo, Talgre Liina (2016): Relating Sentinel-1 Interferometric Coherence to Mowing Events on Grasslands. *Remote Sens.* 2016, 8, 802.
- The Land Use Database of the Netherlands (LGN database) 2015: Wageningen UR. Internet: <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/alterra/Facilities-Products/Land-use-database-of-the-Netherlands.htm> (Pridobljeno: 6. 11. 2016).
- Topan, H, Maktav, D., Jacobsen, K., Buyuksalih, G. (2009). Information content of optical satellite images for topographic mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 30: 7, 1819 – 1827.
- Toutin, T. 2004. Comparison of stereo-extracted DTM from different high-resolution sensors: SPOT 5, EROS A, IKONOS II, and QuickBird. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing* 42, 10: 2121-2129.
- Triglav Čekada, M., Bric, V. (2015): Končan je projekt laserskega skeniranja Slovenije. *Geodetski vestnik*, letn. 59(3), 586-592.
- Triglav Čekada, M. (2011): Možnost uporabe zračnega laserskega skeniranja (lidar) za geomorfološke študije, *Geografski vestnik*, 83(2), 81-93.
- Triglav Čekada, M., Crosilla, F., Kosmatin Fras, M. (2010): Teoretična gostota lidarskih točk za topografsko kartiranje v največjih merilih. *Geodetski vestnik*, 54(3), 389-402.
- Triglav Čekada, M. (2016): Navidezna zvrnjenost objektov na državnem ortofotu ali kaj moramo vedeti, ko uporabljamo državni ortofoto? *Geografski vestnik* 88(1), 121-135.
- Voormansik K. (2015): Monitoring of grass cutting with Sentinel -1 time series.
- Volpe F., Rossi L (2016): Agriculture parcel monitoring for CAP eligibility and greening compliance by Sentinel-2.
- Walczkowski, P., Kedzierski, M. (2006): QuickBird satellite images application to 1:10 000 topographic chart actualization. *ASPRS 2006 Annual Conference*, Reno, Nevada, May 1-5, 2006.
- Wiesmar, M., Feilhauer, H., Magiera, A., Otte, A., Waldhardt, R., (2016): Estimating Vegetation Cover from High-Resolution Satellite Data to Assess Grassland Degradation in the Georgian Caucasus. *Mountain research and development*, 36(1): 56-65.
- Zakon o kmetijstvu (ZKme-1D). Neuradno prečiščeno besedilo št. 5. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4716> (pridobljeno 5. 3. 2018).
- Internet 1: <http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/Environmental-Research/Facilities-Products/Land-use-database-of-the-Netherlands/What-is-the-LGN-database.htm> (pridobljeno 7.11.2016)
- Internet 2: http://www.wur.nl/upload_mm/d/1/f/6c1495e5-e480-4976-b5ab-26896aa3bff2_Glossy_28032013_LGN7_CLC2012_HR%20layers%20%5BRead-Only%5D.pdf (pridobljeno 7.11.2016)
- Internet 3: <http://sia.eionet.europa.eu/EAGLE>(Pridobljeno 7.11.2016)
- Internet 4: <http://www.fp7helm.eu/>