

# ISTRAŽIVANJE PRIMJENE INOVATIVNIH TEHNOLOGIJA MOTRENJA VINOGRADA ZA PLANIRANJE I PROVEDBU PRECIZNOG NAVODNJAVANJA

AKTIVNOST U OKVIRU POZIVA ZA PODNOŠENJE PRIJEDLOGA AKTIVNOSTI  
U PROVEDBI AKCIJSKOG PLANA NACIONALNE RURALNE  
MREŽE 2021. – 2022

**NOSITELJ PROJEKTA: LAG „SJEVERNA ISTRA“**

**PARTNER: LAG „SREDIŠNJA ISTRA“**



SUFINANCIRANO SREDSTVIMA EUROSKE UNIJE EUROPSKI POLJOPRIVREDNI FOND  
ZA RURALNI RAZVOJ:  
EUROPA ULAŽE U RURALNA PODRUČJA  
Mjera Tehnička pomoć - Podmjera 20.2.  
„Podrška za osnivanje i upravljanje Nacionalnom ruralnom mrežom“



# IZVJEŠTAJ O REZULTATIMA ISTRAŽIVANJA PRIMJENE INOVATIVNIH TEHNOLOGIJA MOTRENJA VINOGRADA ZA PLANIRANJE I PROVEDBU PRECIZNOG NAVODNJAVANJA

## **Autori:**

Izv. prof. dr. sc. Monika Zovko

Prof. dr. sc. Davor Romić

Filip Kranjčec, mag. ing. agr.

Izv. prof. dr. sc. Matko Orsag

Prof. dr. sc. Stjepan Bogdan

Klimatske promjene dovode do porasta temperatura i smanjenja količine padalina tijekom ljetnog razdoblja što je naročito izraženo u području Mediteranskog dijela Europe pa tako i duž cijelog obalnog područja Hrvatske i Istarskog poluotoka. Posljedice ovakvih promjena su sve izraženiji vodni i toplinski stres u vinogradima, potičući vinogradare Istre da razmišljaju o rješenjima za očuvanje svoje proizvodnje. Za one koji planiraju provedbu mjera navodnjavanja na lokalnoj/županijskoj razini postavljaju se prioritete definiranja područja gdje se trebaju uspostaviti sustavi navodnjavanja što podrazumijeva određivanje područja/položaja s izraženim vodnim stresom. Definiranje prioriteta područja može pomoći u opravdavanju zahtjeva za navodnjavanjem. Također, može pomoći u boljem upravljanju vodnim resursima, optimizirajući njihovu upotrebu za područja kojima je to najpotrebnije. To najviše dolazi do izražaja u Istarskoj županiji u kojoj vinogradi zauzimaju ukupno 2652 ha poljoprivrednog zemljišta (prema ARKOD 2021), a restrikcije potrošnje vode u pravilu su sve češće tijekom turističke sezone kada su upravo i najveće potrebe za navodnjavanjem.

Sa stajališta vinogradara važno je odrediti područja unutar vinograda koji najviše pate od vodnog stresa te predstavljaju prioritet za ulaganje u sustav navodnjavanja. Kvantificiranje i praćenje vodnog stresa vinove loze također bi moglo pridonijeti ubrzanju promjena načina gospodarenja vinogradima u tim područjima (izbor položaja pri podizanju nasada, izbor sorti, gospodarenje međurednim prostorom, datum berbe, itd.). Uspješnost tih odluka u konačnici primarno ovisi o dostupnosti informacija o stanju u nasadu, ali i o drugim čimbenicima agro-okoliša (klimatskim pokazateljima, tlu....). Informacije moraju biti jednostavno dostupne, tražene vremenske i prostorne rezolucije i s mogućnošću pretvorbe u one izlazne oblike na temelju koji je moguća njihova široka primjena.

Precizno navodnjavanje uključuje preciznu (točnu) procjenu zahtjeva nasada za vodom i preciznu primjenu potrebnog volumena vode na pravom mjestu i u pravo vrijeme. Stoga se očekuje poboljšanje učinkovitosti iskorištenja vode i poboljšanje kakvoće poljoprivredne proizvodnje što će u konačnici

povećati profit poljoprivrednika uz istovremeno smanjenje utjecaja na okoliš. Pozitivne učinke preciznih obroka navodnjavanja ne samo na vegetacijske pokazatelje vinograda već i na prinos, kakvoću grožđa i vina pokazala su istraživanja Romića i sur. (2021.) u uvjetima kultiviranih tala na kršu.

Znatnu potporu preciznom navodnjavanju može pružiti primjena inovativnih tehnologija (zemaljski i zračni senzori te prijenosni (on-the-go) senzori za rad u stvarnom vremenu, žične i bežične mreže, pogoni i softverski okviri) za prikupljanje i slanje podataka na procesiranje temeljeno na znanstveni tehnikama. Time se omogućava analiza više-senzornih rezultata te lokalna kontrola dodavanja vode kako bi se kompenzirale specifične varijabilnosti područja koje se navodnjava. Učinkovito precizno navodnjavanje zahtijeva holistički pristup koji uzima u obzir sve faktore (tlo, biljku i atmosferu) od kojih se očekuje da će utjecati na dinamični odgovor biljke na varijabilnost ulaznih parametara. Za provedba preciznog navodnjavanja potrebna su četiri koraka upravljanja kojima se omogućava 1) mjerenje; 2) interpretacija, 3) kontrola i 4) procjena

Podaci senzorskih istraživanja potencijalno mogu ponuditi rješenja za određivanje vodnog stresa u vinogradima te planiranje navodnjavanja. U tom kontekstu, postoji posebna potreba za novim tehnikama koje nam omogućuju točno i učinkovito motrenje vigora (vegetacijskih pokazatelja) i vodnog statusa vinove loze. Već su brojna istraživanja pokazala prednosti korištenja daljinskih senzorskih sustava u vinogradarstvu (Bramley i sur., 2005.; Acevedo-Opazo i sur., 2008). Vegetativni indeksi, kao što je NDVI, dobiveni snimanjem iz zraka pokazuju velike mogućnosti karakterizacije vinograda i prostorne varijabilnosti vegetativnog statusa vinove loze. Većina dosadašnjih aplikacija temelji na snimkama nenavodnjavanih vinograda i to u vrijeme šare. Zovko i sur. 2019. u pokusnom navodnjavanju vinograda na području Šibensko – kninske županije demonstrirali su primjenu hiperspektralnog snimanja za određivanje vodnog stresa u vinovoj lozi. Spektralni potpisi različitih tretmana navodnjavanja pokazali su značajne razlike, što je omogućilo visoku točnost klasifikacije vinove loze s obzirom na razinu vodnog stresa. Unutar ovog početnog istraživanja, hiperspektralne slike prikupljene su samo jednom u vegetaciji tijekom šare, što nije bilo dostatno za ocjenu podobnosti hiperspektralne upotrebe u procjeni statusa vode vinove loze tijekom vegetacije, budući da vremenska varijabilnost nije uključena u analizu. U Hrvatskoj primjena senzorskog monitoringa nasada/vegetacije i mjere precizne poljoprivrede još uvijek su vrlo male i uglavnom ograničene na znanstvena istraživanja. Osim toga, gledano s praktične strane odnosno primijene još uvijek su otvorena brojna pitanja o načinima obrade te postavljanja graničnih vrijednosti za spektralne, termalne i drugim sensorima prikupljene podatke.

Na temelju prethodno navedenog, postavljen je cilj ovog istraživanja: testirati mogućnost primjene daljinskih snimanja za planiranje i provedbu preciznog navodnjavanja vinograda. U tu svrhu provedena su preliminarna snimanja dva vinograda na kojima su bili uspostavljeni pokusi navodnjavanja s različitim dodanim količinama vode i kontrolnom varijantom bez primjene navodnjavanja: 1) navodnjavani dio vinograda cv. Teran na položaju Sveta Lucija (sjeverozapadna Istra) i 2) navodnjavani dio vinograda cv. Syrah na položaju Grimalda (središnja Istra). Snimanja su provedena u dva termina tijekom vegetacije odnosno trajanja navodnjavanja:

1.) 9. srpnja 2022.:

- snimanje listova vinove loze spektrometrom na položaju Sveta Lucija,

- snimanje iz zraka (bespilotnom letjelicom) multispektralnom i termalnom komerom pokus navodnjavanja vinograda cv. Syrah na položaju Grimalda

2) 7. kolovoza 2022.:

- snimanje iz zraka (bespilotnom letjelicom) multispektralnom i termalnom komerom pokus navodnjavanja vinograda cv. Teran na položaju Sveta Lucija

## PROVEDBA ISTRAŽIVANJA

### SPEKTORADIOMETAR

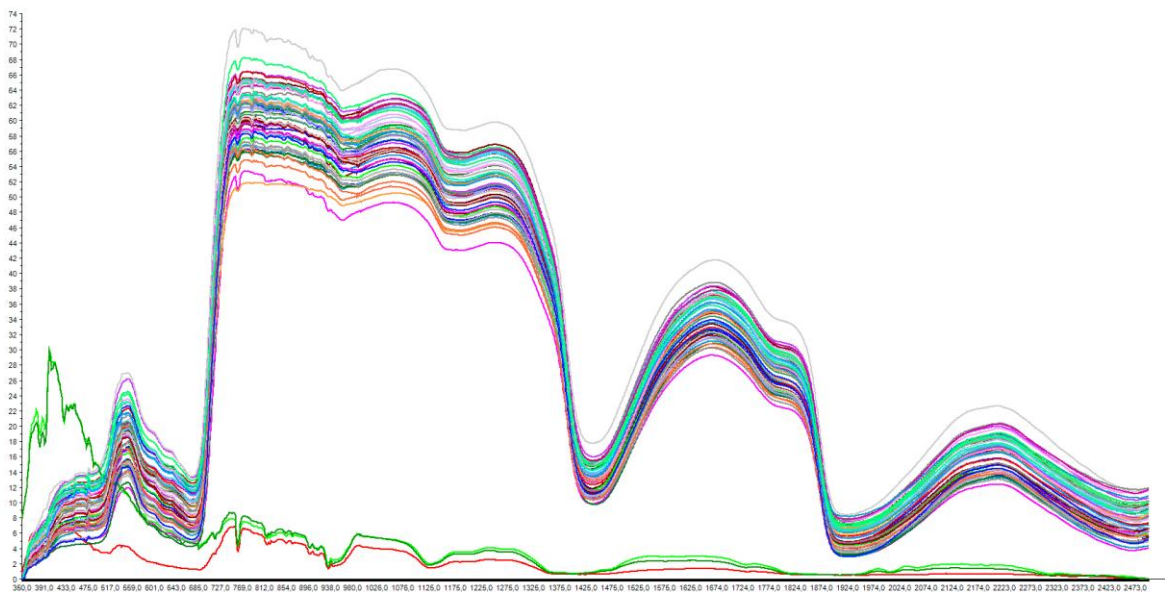
Za potrebe istraživanja obavljena su spektralna snimanja listova vinove loze cv. Teran s položaja Sveta Lucija. Za snimanje vinograda korišten je spektrometar (Spectral Evolution® SR-2500) opremljen kontaktnom sondom (5 W volfram halogena lampa) sa 768 spektralnih vrpca u spektralnom rasponu od 350 do 2500 nm. Razlučivost spektralnih vrpca je od 5 nm u spektralnom rasponu od 350- do 1000 nm te 22 nm u rasponu od 1500 nm do 2500 nm. Snimanja su obavljena kontaktnom sondom koja je postavljena izravno na površinu lista. Spektralno snimanje listova obavljeno je u tri ponavljanja po listu, a izlazni rezultat spektralnog otisak bio je srednja vrijednosti tri snimanja. Spektrometar je opremljen prijenosnim računalom tako je moguća trenutna vizualizacija snimljenog spektralnog otiska te kontrola izlaznog rezultata. Kako bi razlike u spektrima bile jasnije vidljive učinjena je transformacija spektralnih podataka, tzv. zaglađivanje spektra u svrhu uklanjanja nekemijskih učinaka i stvaranja robusnih modela kalibracije. Izvedenice također mogu pomoći u rješavanju preklapajućih spektralnih vrpca te na takav način naglašavajući male spektralne varijacije koje nisu vidljive u neobrađenim podacima. Za obradu spektra primijenjena je metoda Savitzky-Golay. Potom su napravljene i srdnje vrijednosti spektralnih otisaka list te standardna devijacija za cijelo promatrano spektralno područje.



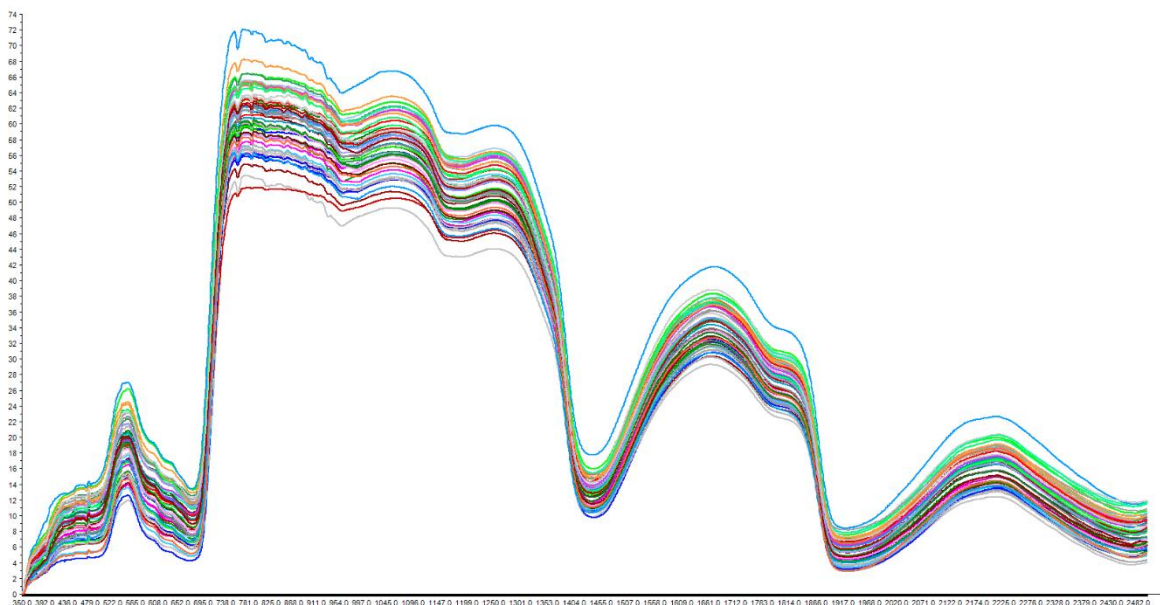
## IZBOR ZDRAVOG, RAZVIJENOG LISTA ZA SNIMANJE SPEKTORADIOMETROM S KONTAKTNOM SONDOM



Kontrola spektralnog otiska na prijenosnom računalu tijekom snimanja listova vinove loze cv. Teran na položaju Sveta Lucija



Grafički prikaz svih prikupljenih neobrađenih spektralnih otisaka listova vinove loze cv. Syrah. Na osi x prikazane su valne duljine od 350 do 2473 nm, a na osi y prikazana je reflektancija (%).

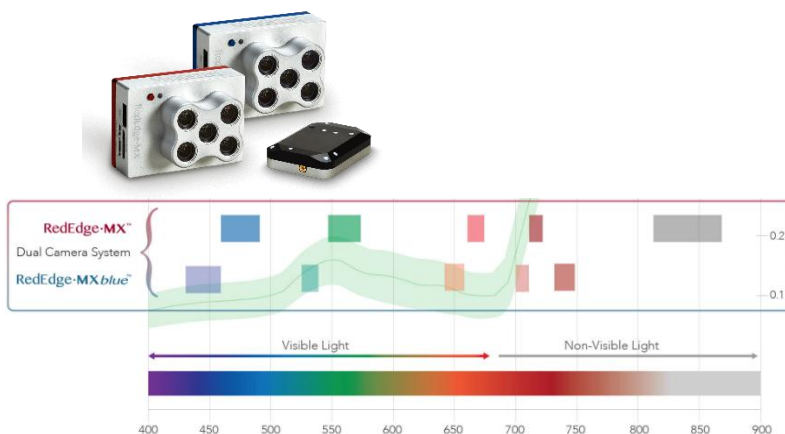


Grafički prikaz obrađenih spektralnih otisaka listova metodom Savitzky-Golay. Na osi x prikazane su valne duljine od 350 do 2473 nm, a na osi y prikazana je reflektancija (%)

## MULTISPEKTRALNA KAMERA

Za snimanje vinograda korištena je kombinacija kamera MicaSense Dual Imaging system koja se sastoji od RedEdge MX i RedEdge-MX blue sustava kamera, s mogućnošću snimanja ukupno 10 spektara. Spektri s valnom duljinom snimane svjetlosti u nanometrima dani su u tablici u nastavku teksta i označeni na grafu obuhvaćenih valnih duljina. Više o samom senzoru moguće je pronaći na web stranicama proizvođača [Micasense](https://www.micasense.com).

Spektar	Valna duljina
Blue1	444nm
Blue2	475nm
Green1	531nm
Green2	560nm
Red1	650nm
Red2	668nm
Red edge 1	705nm
Red edge 2	717nm
Red edge 3	740nm
NIR	842nm





## TERMALNA KAMERA

Za prikupljanje podataka o termalnoj karakteristici vinograda korištena je FLIR DUO PRO R kamera, sa 9mm lećom. Kamera ima 5°(H) x 27°(V) polje pogleda, te radi u spektralnom području od 7.5 – 13.5 μm. Termalna osjetljivost kamere veća je od 50 mK, može snimati maksimalnom rezolucijom 336 x 256 piksela, s maksimalnom frekvencijom od 30Hz.



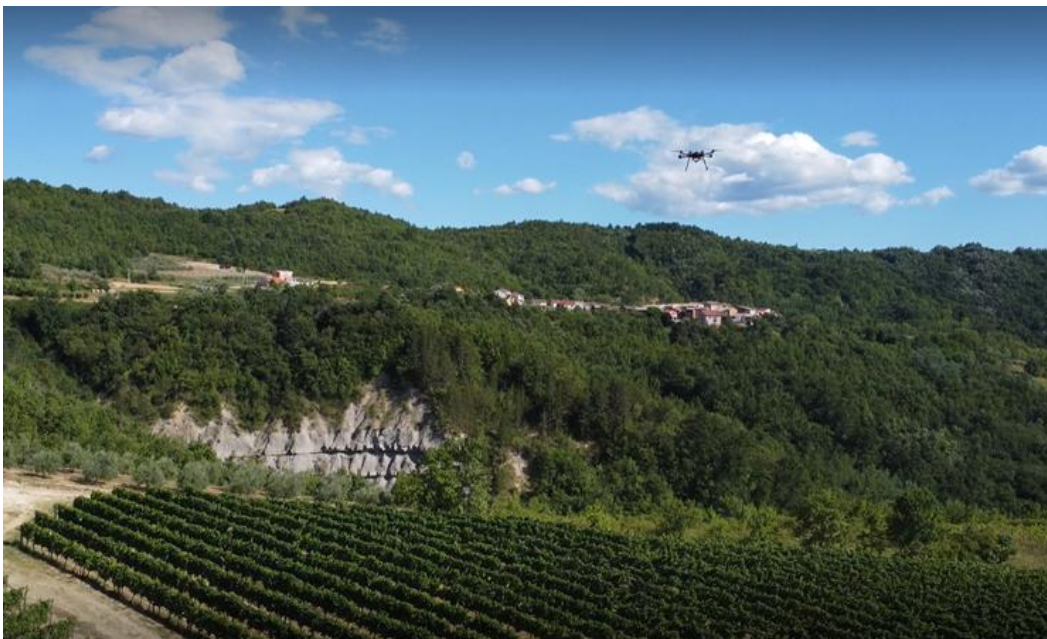
## BESPILOTNA LETJELICA

Za prikupljanje podatak iz zraka koristila se bespilotna letjelica sa četiri propelera, tzv. quadrotor. Bespilotnu letjelicu pogone LiPo baterije, a sposobna je ostati u zraku dulje od pola sata, ovisno o pričvršćenju opremi i senzorima. Letjelicom upravlja Pixhawk 2.1 autopilot, a autonomija je implementirana na NUC računalu koje se smještenu na samoj letjelici. Fuzijom senzora na letjelici ostvaruje se cm preciznost izvođenja trajektorije, što poboljšava točnost prikupljenih podataka i ubrzava njihovu obradu.



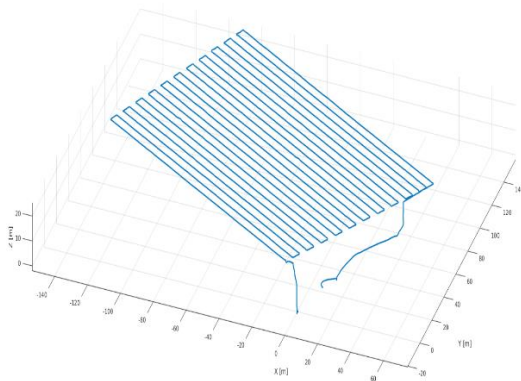
## PRIKUPLJANJE PODATAKA





Snimanje vinograda obavljeno je autonomnim letovima bespilotnih letjelica. Trajektorije za autonomni let planirane su tako da se osigura željena kvaliteta dobivenih fotografija koje u

potpunosti pokrivaju zadano područje vinograda. Korištenjem trajektorija za autonomni let također se postiže željeno preklapanje sa susjednim fotografijama od 60 % što je bitan preduvjet za uspješno generiranje oblaka točaka i karte cijelog područja kod daljnje obrade. Primjer izvršene trajektorije kao i pozicije snimljenih fotografija prikazane su na niže priloženoj slici.



## PODRUČJE SNIMANJA

Vinogradi obuhvaćeni ovim snimanjem uključuju položaje vinograda Sveta Lucija i vinograda Grimalda. Vrijeme je bilo vedro, uz minimalne količine sporadične naoblake. Budući da snimanje multispektralnim kamerama zahtjeva sunčano vrijeme, kako bi svi spektri biljke bili pravilno potaknuti, ovakvi vremenski uvjeti smatraju se idealnima za snimanje i usporedbu podataka prikupljenih oba navedena datuma.

## OBRADA PODATAKA

Za vrijeme leta na letjelici se spremaju slike vinograda odgovarajućih spektara u jedan veliki skup podataka. Naknadno se taj skup podataka obrađuje postupkom fotogrametrije, pri čemu se stvaraju spektralni 3D oblaci točaka interesa vinograda. Naknadnom obradom iz navedenih 3D oblaka točaka izrađene su 2D mape vegetacijskih indeksa vinograda, a pri tom vodeći računa da 2D prikazom budu obuhvaćene samo vrijednosti indeksa onih piksela koji se odnose na vinovu lozu. To je podrazumijevalo izdvajanje svih piksela koji se odnose na tlo te međurednu vegetaciju.

Budući da prikupljeni skup slika i široki spektar dostupnih valnih duljina omogućuje snimanje različitih vegetacijskih indeksa, u ovom istraživanju odredili smo vrijednosti NDVI-indeksa

Termalna kamera omogućuje direktno mjerenje temperature biljaka i okoliša. Podatke je moguće na sličan način spojiti fotogrametrijom, ali termalne kamere imaju manju rezoluciju od multispektralnih pa je prikladnije direktno mjeriti temperaturu iz slike, to jest snimljenog video materijala.

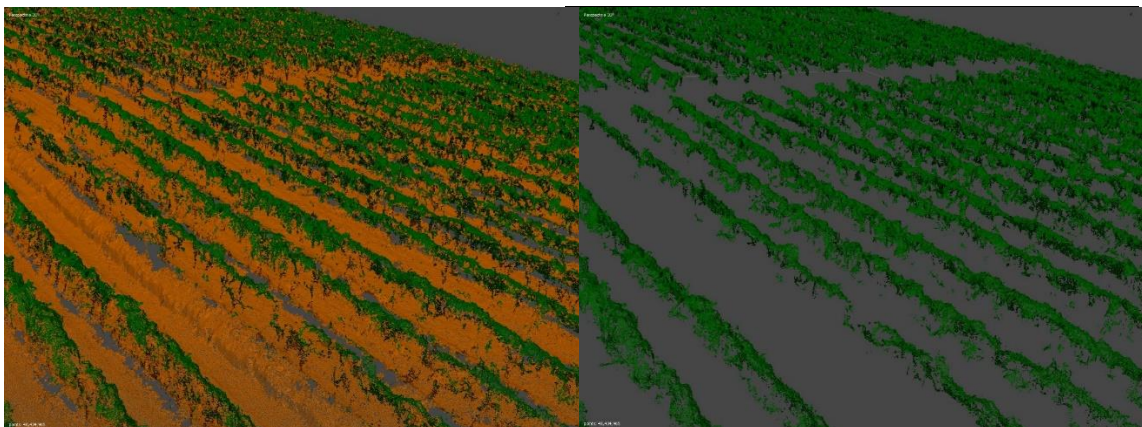
## PRIMJER MICANJA TLA

Dodatna obrada prikupljenih podataka moguća je radi ostvarenja bolje preciznosti izmjerenih vegetacijskih indeksa. Kao primjer dodatne obrade u ovom izvještaju prilaže se analiza segmentacije tla. Podaci dobiveni nakon procesiranja s ciljem micanja tla iz generiranog 3D oblaka točaka se nalaze u folderu *MicanjeTla-Primjer*. Na području Vrh\_2\_3 su korištene dvije metode za filtriranje tla:

1. metoda odabira točaka po vrijednosti NDVI indeksa
2. metoda detekcije točaka tla na temelju visine i kuta.

Metoda jedan prikladna je u uvjetima dobro pripremljenog terena oko vinograda, što znači da je minimiziran utjecaj vegetacije oko samog vinograda. Druga metoda je računalno intenzivan posao, ali zato može otkloniti utjecaj trave i ostale vegetacije oko vinograda, čak i u uvjetima kada okoliš nije obrađen, to jest pokošen. Metoda vrši segmentaciju tla na temelju prostornih karakteristika, udaljenosti između pojedinih točaka u oblaku točaka i morfološkom usporedbom sa geografskim karakteristikama okoliša. Ta metoda nije osjetljiva na vegetacijske indekse okoliša, već samo na prostorne odnose. Budući da je prilikom snimanja navedeni položaj bio pokošen, može poslužiti kao odlična usporedba obje metode. Prosječna vrijednost NDVI indeksa na karti generiranoj pomoću filtriranog oblaka točaka

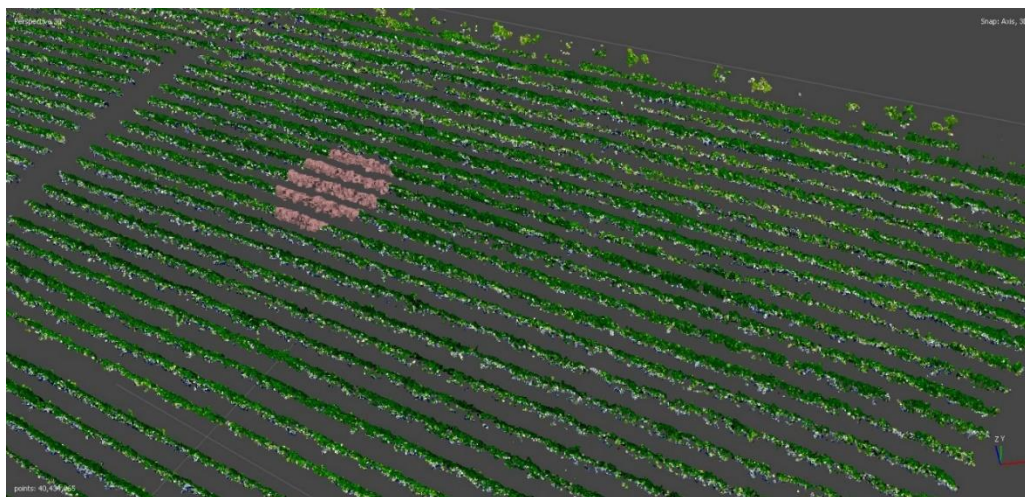
ispala je 0.8589 za metodu 1 i 0.8127 za metodu 2. Time je pokazano da obje metode mogu isporučiti sumjerljive rezultate, pa se u uvjetima visoke sporedne vegetacije može primijeniti metoda 2 kako bi se izmjerili vegetacijski indeksi vinograda.



Na slikama je prikazana klasifikacija i filtriranje detektiranih točaka tla. Lijeva slika prikazuje segmentaciju prema vrijednostima indeksa vegetacije koji u ovom slučaju jasno pokazuju razliku između tla i vinograda, budući da nije bilo vegetacije oko samih trsova. S desne strane je prikazana segmentacija na temelju detekcije tla bazirane na 3D podacima.

Dodatnu obradu podataka moguće je izvršiti procesiranjem NDVI karte na malom području. U nastavku se donosi prikaz jedne takve situacije gdje je kružno područje promjera 10 m označeno na

slici crvenom bojom. Za navedeni isječak dobiven je prosječan indeks iznosa 0.8518 (filtrirano metodom 1) i 0.8087 (filtrirano metodom 2).



## REZULTATI I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Princip daljinskog snimanja je mjerenje optičkih karakteristika objekta pomoću senzora. Na te karakteristike utječu svojstva objekta koji se snima (sastav, struktura itd.). U provedenom istraživanju korištena su tri različita senzorska sustava motrenja vegetacije u dva vinograda s uspostavljenim pokusima navodnjavanja na području Istarske županije: spektrometar, multispektralna i termalna kamera.

Pokus navodnjavanja vinove loze cv. Terana na položaju Sveta Lucija sastojao se od 5 tretmana, a svaki tretman od tri reda vinove loze (tri ponavljanja) duljine 75 m. Tretmani (varijante) pokusa su bili slijedeći:

1. varijanta (V1) - navodnjavanje obrocima do 25 % evapotranspiracijskog gubitka vode (ET)
2. varijanta (V2)- navodnjavanje obrocima do 50% ET
3. varijanta (VK)– kontrola- bez navodnjavanja
4. varijanta (V3)- navodnjavanje obrocima do 75 % ET
5. varijanta (V4) - navodnjavanje obrocima do 100 % ET

Budući se radi o terasnom tipu vinograda na položaju Grimalda pokus navodnjavanja vinove loze cv. Syrah uključivao je tri varijante (100 % ET, 50 % ET, kontrola) koje su bile raspoređene i na vanjskim (rub terase) i unutarnjim redovima (pokos terase).

**1) Spektrometar** mjeri refleksiju objekta na određenoj udaljenosti (proksimalno) ili in-situ u pravilnim intervalima u više stotina uskih traka tzv. spektralnim vrpčama širine od jednog do nekoliko nanometara. Spektralno snimanje listova obavljeno je u tri ponavljanja po listu, a izlazni rezultat spektralnog otisak bio je srednja vrijednosti tri snimanja. Potom su napravljene i srednje vrijednosti spektralnih otisaka list te standardna devijacija za cijelo promatrano spektralno područje. Uzorci se razlikuju po udjelu reflektiranog zračenja unutar promatranog dijela spektra. Iz grafičkog prikaza vidljivo je da je najveći udio reflektiranog zračenja u području od 680 nm do 1300 nm, a najmanji na rubovima promatranog dijela spektra. Na spektralnim otiscima izdvajaju se slijedeće spektralne vrpce oko: 690 nm, 760 nm, 1500 te 1900 nm. Promjene u intenzitetu spektralne vrpce oko 690 nm (crveno spektralno područje) mogu biti posljedica eko-fizioloških promjena u lišću koje su rezultat procesa sušenja, a koje mogu promijeniti, na primjer, unutarnju strukturu stanica i sadržaj klorofila i karotenoida u lišću (Junttila i sur., 2018). Promjene u strukturi pigmenta također uključuju razlike u omjerima klorofila - a i klorofila – b, što je u slučaju snimanja listova vinove loze bilo izraženo kod 738 nm (Zovko i sur., 2019). Rezultati ovih snimanja pokazuju to na 760 nm. Promjene u intenzitetu spektralnih vrpce oko 1500-1550 nm (blisko infracrveno područje) povezane su sa sadržajem vode u biljci. Prema dostupnim istraživanjima vrpce apsorpcije vode u području 1300-2500 nm pokazuju visoku osjetljivost na sadržaj vode u lišću. Ova snimanja odgovaraju literaturnim podacima, gdje su vrpce povezane s vodom identificiraju na 1500 i 1900 nm. Budući su spektralna snimanja obavljena nešto manje od dva tjedna od početka navodnjavanja nisu uočene razlike po tretmanima pokusa. međutim, kako je prethodno navedeno vidljiva su

odstupanja u intenzitetu spektralnih vrpca povezanih s sadržajem vode što upućuje na mogućnost primjene ove tehnike za rano prepoznavanje vodnog stresa.

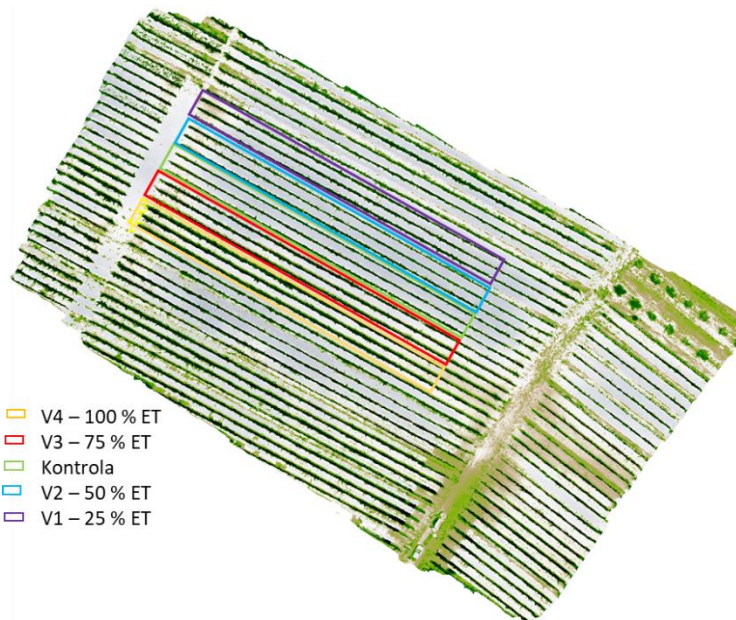
2) **Multispektralna kamera** mjeri refleksiju samo u određenim spektralnim vrpcama/područjima. Rezultati snimanja najčešće se izražavaju kao indeksi koji kombiniraju različita spektralna područja. U ovom istraživanju testirana je mogućnost primjene najčešće korištenog vegetacijskog indeksa NDVI kao indikatora vodnog statusa vinove loze.

Red	NDVI
R1 –pokos terase	0,8019
R2 –rub terase	0,7402
R3 –pokos terase	0,7504
R4 – rub terase	0,7310
R5 – pokos terase	0,7041
R6 – rub terase	0,6674
R7 – pokos terase	0,6580
R8 – rub terase	0,6971
R9 – pokos terase	0,7404
R10 – rub terase	0,7162



Prostorni prikaz NDVI po varijantama pokusa navodnjavanja na terasnom tipu vinograda na položaju Grimalda (snimano 9. srpnja 2022.), a u pripadajućoj tablici su prikazane prosječne vrijednosti NDVI-a za svaki dio reda unutar pokusa. Raspon vrijednosti NDVI na pokusnom dijelu navodnjavanja vinove loze cv. Syrah kretao se od 0,6580 do 0,8019. Nasad vinove loze na ovom dijelu vinograda karakterizira izrazita heterogenost trsova što se i odražava na široki raspon dobivenih vrijednosti NDVI. U pravilu rub terase ima nešto niže vrijednosti NDVI-a u odnosu na NDVI vrijednost pokosa pripadajuće terase.

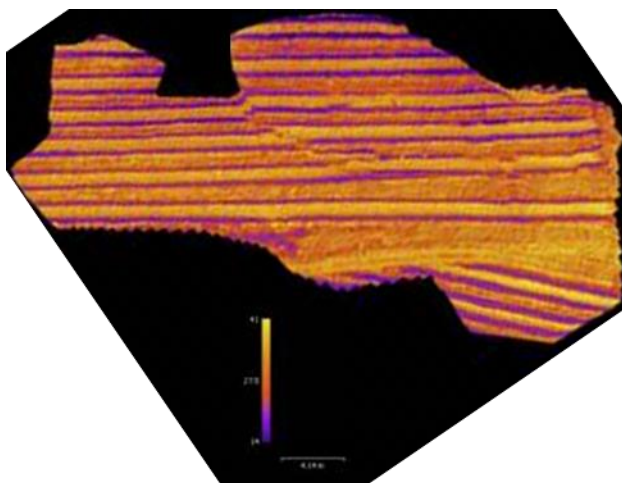
Varijanta pokusa	Red	NDVI
V4	1	0.8452
	2	0.8426
	3	0.8386
V3	4	0.847
	5	0.8446
	6	0.844
Kontrola	7	0.8453
	8	0.8511
	9	0.8509
V2	10	0.86
	11	0.858
	12	0.8484
V1	13	0.8727
	14	0.8708
	15	0.8592



Prostorni prikaz NDVI po varijantama pokusa navodnjavanja vinove loze cv. Terana na položaju Sveta Lucija (snimano 7. kolovoza 2022.). Prikazane vrijednosti NDVI snimljene su u kolovozu u šari. Prosječne vrijednosti indeksa po varijantama pokusa navodnjavanja kretale su se od 0,84 do 0,87. Kako bi se vidjelo da li postoji statistički opravdana razlika između vrijednosti NDVI-a po varijantama pokusa učinjena je analiza varijance (rezultati niže u tablici). Prosječne vrijednosti označene različitim slovima značajno su različite uz  $p < 0,05$ , korištenjem Tukey's multiple range testa. Razlika između kontrole i svih varijanata navodnjavanja bila je statistički opravdana. Od varijanata navodnjavanja značajno niže vrijednosti NDVI zabilježene su u varijantama V1 i V2 u odnosu na varijante navodnjavanja V3 i V4.

NDVI			
V4	100%	0,845	b
V3	75%	0,833	b
kontrola	0	0,793	a
V2	50%	0,816	ab
V1	25%	0,817	ab

3) **Termalna kamera** bilježe temperature i njezine raspodjele na površinama objekata. Nakon mjerenja ostaje trajan zapis o izmjerenoj dozračenjanoj količini energije s promatrane površine: termogram. Zahvaljujući tome što je termogram danas digitalan zapis koji se može odgovarajućim programskim rješenjima analizirati na računalu moguća je računalna automatizacija tog procesa ako se snima poznati uzorak. To znači da se metoda može, uz razvoj kompletnog softverskog rješenja i odgovarajuće održavanje, upotrebljavati u širokoj primjeni. U ovom istraživanju termalna snimanja provedena su istom bespilotnom letjelicom zajedno s vidljivom i multispektralnom kamerom.

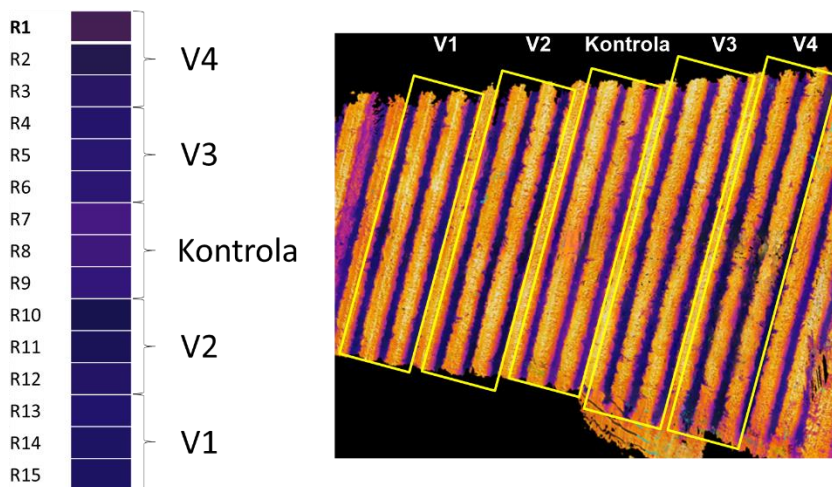


Termalni otisak po navodnjavanjima redovima vinove loze cv. Syrah na položaju Grimalda, snimak 9. srpnja 2022.

Iz termalnog otiska vidljive su razlike u temperaturi unutar snimljenog isječka navodnjavanog vinograda na terasama. Najniža prosječna temperatura određena je za red R10 (rub terase, u



gornjem dijelu vinograda), a najviša prosječna temperatura određena je za red R3 (pokos terase, u nižem dijelu vinograda). Razlika između te najniže i najviše prosječne temperature po iznosi 4,4 °C.



Termalni otisak po varijantama pokusa navodnjavanja vinove loze cv. Terana na položaju Sveta Lucija, snimak 7. kolovoza 2022.

Iz termalnog otiska pokusa navodnjavanja vinove loze cv. Terana na položaju Sveta Lucija također su vidljive razlike u temperaturama uzimajući u obzir priloženu termalnu skalu. Najizraženije se izdvaja kontrolna varijanta te varijanta navodnjavanja V1. Naime, na kontrolnoj varijanti i varijanti navodnjavanoj do 25 % ET vinova loza je bila izložena nedostatku vode. Kao odgovor na nedostatak vode, puči se zatvaraju da bi se spriječio gubitak vode i prekinuo proces transpiracije.

Prekidanjem ovog procesa dolazi do prekida evaporacijskog hlađenja lista, te njegova temperatura raste. S druge strane list biljke koja nije izložena vodnom deficitu, nego je navodnjavana u suvišku će imati potpuno otvorene puči i puni intenzitet transpiracije čime će se temperatura lista približiti temperaturi vlažne izoterme za trenutno stanje zraka u okolišu.

## Zaključci:

- U istraživanju je provedena preliminarna primjena tri različita daljinska senzorska sustava motrenja vegetacije vinove loze na uspostavljenim pokusima navodnjavanja dvije različite sorte na dvije različite lokacije/položaja u Istarskoj županiji, a sa svrhom testiranja mogućnosti njihove primjene za potrebe planiranja i provedbe preciznog navodnjavanja.
- Provedena preliminarna istraživanja ukazuju na komplementarnost izlaznih rezultata daljinskih senzorskih sustava motrenja uspostavljenih pokusa navodnjavanja te mogućnost identifikacije različitih navodnjavanih varijanti u odnosu na kontrolnu (nenavodnjavanu) varijantu.
- Budući da senzorska istraživanja novim digitalnim tehnologijama omogućuju točno i učinkovito motrenje vigora (vegetacijskih pokazatelja) i vodnog statusa vinove loze možemo zaključiti da ovakvi sustavi imaju značajan potencijal za motrenje vodnog stresa u vinogradima te planiranje navodnjavanja.
- Korišteni alati (senzorski sustavi i obrada podataka) u ovom istraživanju omogućili su u vremenski prihvatljivim okvirima generiranje prostornih podataka koji mogu biti primjenjivi i za planiranje različitih agrotehničkih mjera po principima ne samo dobre već i precizne poljoprivredne praske.
- Ovim se istraživanjem doprinosi razvoju preciznog vinogradarstva temeljenog na daljinskom motrenju što može biti podloga za daljnju prilagodbu agrotehničkih mjera prostornoj varijabilnosti čimbenika produktivnosti vinograda. Navedeno izravno doprinosi razvoju digitalizacije poljoprivrede kao jednoj od tema istraživanja omogućenih kroz poziv Mreže za ruralni razvoj u provedbi Akcijskog plana Nacionalne ruralne mreže. Isto tako, istraživanje se može povezati sa konceptom Pametnih sela (tema istraživanja omogućenih kroz poziv) buduću da istraživanje promovira inovativne i digitalne procese u poljoprivredi koje se mogu okarakterizirati aktivnosti koje doprinose konceptu Pametnih sela.

## PLAN DALJNJE IMPLEMENTACIJE REZULTATA

Daljnje aktivnosti trebale bi biti usmjerene na prikupljanje većeg seta podataka, što podrazumijeva praćenje tijekom dvije ili više vegetacija te na više lokacija s različitim sortimentom vinove loze. Takve sveobuhvatne vrijednosti pokazatelja (set podataka) bilo bi moguće procjenjivati i koristi u dugoročnom planiranju navodnjavanja. Baze podataka mogu biti dostupne zainteresiranim korisnicima/dionicima (poljoprivredni proizvođači/vinogradari, donosioci odluka na lokalnoj razini) putem suvremenih sustav informiranja odnosno kroz razvoj informativno-edukacijske platforme s domenama korištenja za različite dionike. Takve platforme mogu pružati ažurirane podatke (setove podataka) potrebne za provođenje/planiranje navodnjavanja uvažavajući principe održive i precizne poljoprivrede. Osim toga, takva aktivnost bi podrazumijevala i izradu korisničkih uputa za dionike za korištenje takvih setova podataka. Kroz aktivnost promoviranja bilo bi važno jačati svijest dionika o mogućnostima primjene suvremenih sustava motrenja tla i vegetacije kao temeljnim alatima za planiranje i provođenje mjera prilagodbe klimatskim promjenama u vinogradarstvu i općenito gospodarenju vodom u poljoprivredi.

U tom smislu bilo bi važno provesti ispitivanje zainteresiranosti vinogradara za korištenjem podataka s različitih senzorskih sustava koja daju informacije o biljkama/nasadu, tlu i klimatskim pokazateljima u svrhu njihove primjene za planiranjem i provedbom preciznog navodnjavanja, ali i drugih agrotehničkih mjera prema pravilima dobre poljoprivredne prakse.

Gospodarenje vodom kao proizvodnim procesom u poljoprivredi pomoću modernih, digitalnih tehnologija kao što su senzorski sustavi za prikupljanje ulaznih podataka imaju sve veću važnost u poljoprivredi. Primjenom ovakvih daljinskih istraživanja, poljoprivrednici smanjuju rizike od gubitka prinosa te istovremeno povećavaju kvalitetu proizvoda.

## REFERENCE:

ROMIĆ, D., KONTIĆ, J. K., PREINER, D., ROMIĆ, M., LAZAREVIĆ, B., MALETIĆ, E., ... & ZOVKO, M. (2020). Performance of grapevine grown on reclaimed Mediterranean karst land: Appearance and duration of high temperature events and effects of irrigation. *Agricultural Water Management*, 236, 106166

BRAMLEY R.G.V., PROFFITT A.P.B., HINZE C.J., PEARSE B. and HAMILTON R.P., 2005. Generating benefits from precision viticulture through selective harvesting. *Proc. 5th European Conference on Precision Agriculture*, Uppsala, 891-898.

ACEVEDO-OPAZO C., TISSEYRE B., GUILLAUME S. and OJEDA H., 2008. The potential of high spatial resolution information to define within-vineyard zones related to vine water status. *J. Precision Agric.*, 9, 285-302

ZOVKO, M., ŽIBRAT, U., KNAPIČ, M., KOVAČIĆ, M. B., & ROMIĆ, D. (2019). Hyperspectral remote sensing of grapevine drought stress. *Precision agriculture*, 20(2), 335-347.

S. JUNTILA, J. SUGANO, M. VASTARANTA, R. LINNAKOSKI, H. KAARTINEN, A. KUKKO, M. HOLOPAINEN, H. HYYPPÄ, J. HYYPPÄ (2018). Can leaf water content be estimated using multispectral terrestrial laser scanning? A case study with Norway spruce seedlings. *Front. Plant Sci.*, 9, p. 299.



SUFINANCIRANO SREDSTVIMA EUROPSKE UNIJE EUROPSKI POLJOPRIVREDNI FOND  
ZA RURALNI RAZVOJ:  
EUROPA ULAŽE U RURALNA PODRUČJA  
Mjera Tehnička pomoć - Podmjera 20.2.  
„Podrška za osnivanje i upravljanje Nacionalnom ruralnom mrežom“

