

ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA
PROGRAMA (CRP)
»NAŠA HRANA, PODEŽELJE IN NARAVNI VIRI«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Šifra projekta:

V4-2230

2. 1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Razvoj in uvajanje digitalnih orodij za podporo v pridelavi sadja

(akronim: DigiSAD)

2.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Development and implementation of digital tools to support fruit production

3. Ključne besede projekta

3.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

sadjarstvo / digitalizacija / avtomatizacija

3.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

Fruit growing / digitalization / automation

4. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

19081 Tatjana UNUK

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Kmetijski inštitut Slovenije

Kmetijstvo gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Maribor (KGZS – Zavod MB, Sadjarski center Maribor)

Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica (KGZS – Zavod GO, Sadjarski center Bilje)

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

6. Raziskovalno področje po šifrantu ARIS¹:

4.03 Rastlinska produkcija in predelava

7. Raziskovalno področje po šifrantu FOS²:

4.03 Rastlinska produkcija in predelava

8. Sofinancer/sofinancerji:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije

Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije

II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi? (v izbran kvadratik vtispiš črko x)

☒ a) v celoti

☐ b) delno

☐ c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

V projektu smo sledili naslednjim operativnim ciljem:

¹ Spletni naslov šifrant ARIS: <https://www.aris-rs.si/sl/gradivo/sifranti/sif-vpp.asp>

² Spletni naslov šifrant FOS: <http://www.aris-rs.si/sl/gradivo/sifranti/klasif-znan-FOS.asp>

- a) Analiza načinov in možnosti pridobivanja in sistematičnega zbiranja informacij o nasadu s poudarkom na avtomatizaciji z uporabo digitalnih orodij.
- b) Izdelava spletne platforme za elektronsko beleženje podatkov v ustrezni platformi z možnostjo odprtega ali zaprtega dostopa do akumuliranih podatkov, naprava baze podatkov, arhiv sadovnjaka.
- c) Izdelava računalniško podprtega sistema za analizo na opisani način pridobljenih podatkov, ki bi zagotavljal hitrejšo in bolj strokovno samostojno odločitve uporabnika za izvajanje ukrepov in sicer:
 - za podporo pri operativnih odločitvah glede varstva rastlin (monitoring in prognoza, potreba po sredstvih za varstvo rastlin in za uporabo rastlinskih bioregulatorjev),
 - za podporo pri tehnoloških odločitvah (oskrba tal, prehrana, uravnavanje vodnega režima, uravnavanje rodnosti, izvedba drugih pomoloških in pomotehničnih ukrepov...),
 - za podporo glede odločitve za prehod v zahtevnejše oblike pridelavo sadja,
 - za podporo pri izvedbi zgodnje prognoze pridelka,
 - za podporo pri preizkušanju (in uvajanju v prakso) nedestruktivnih metod za napoved zrelosti in kakovosti pridelka,
 - za podporo pri odločanju glede uporabe avtonomnega mulčerja.

Za namen doseganja ciljev je bila vsebina projekta razdeljena na tri sklope:

SKLOP 1: Izdelava digitalnih evidenc: Cilji so bili v celoti doseženi.

SKLOP 2: Raziskovalni del

- 2.1 POSKUS 1: zgodnja napoved pridelka

Cilj poskusa: transkripcija kode za okolje Android. Izdelano je orodje, s katerim bo lahko vsak sadjar s preprosto metodo z uporabo telefona zelo enostavno, hitro in zgodaj v sezoni dobil relevantno informacijo o predvidenem pridelku. Cilj je bil v celoti dosežen.

- 2.2 POSKUS 2: Pozicioniranje

Cilj poskusa: priprava osnov za nastanek »digitalnega sadovnjaka«. Cilj je bil v celoti dosežen.

- 2.3 POSKUS 3: Večkriterijska analiza primernosti nasada za prehod v zahtevnejše pridelovalne sisteme.

Cilj poskusa: izdelan večkriterijski digitalni model za oceno rizikov pri prehodu nasadov v zahtevnejše oblike pridelave. Cilj je bil v celoti dosežen.

- 2.4 POSKUS 4: Uporaba nedestruktivnih metod pri določanju optimalnega roka obiranja

Cilj poskusa: preučitve metod in primernosti različnih nedestruktivnih metod in opreme za napovedovanje kakovosti in zrelosti plodov jabolk. Cilj je bil v celoti dosežen.

- 2.5 POSKUS 5: Analiza uspešnosti avtonomnega mulčenja v sadovnjaku

Cilj poskusa: ovrednotiti primernost razvitega avtonomnega mulčerja za njegovo uporabnost v nasadih. Cilj je bil delno dosežen. Razlogi spremembe:

Iz poročanja v faznem poročilu marca 2025 sledi naslednje:

Testiranje robotskega mulčenja ni bilo izvedeno v celoti zaradi nepripravljenosti partnerja (lastnika mulčerja), da zagotovi potrebno opremo za izvedbo korektnega in relevantno izvedbo poskusa. Na osnovi vmesnih rezultatov izvedenih več manjših poskusov in vrednotenj je mogoče potrditi, da robotsko mulčenje negovane ledine v trajnih nasadih ne predstavlja večjega tehničnega izziva in je

kot tako potencialno realno izvedljiv ukrep. Robot je delo opravljal natančno in v časovnem okviru, primerljivem s klasično izvedbo mulčenja z uporabo traktorja. Ugotovitve obenem kažejo, da so se tehnologije robotskega mulčenja do danes močno izpopolnile, kar v prihodnje obeta še dodatno poenostavitev postopka ter večjo uporabniško prijaznost za kmetovalce. Zanašanje na zunanjega partnerja (lastnika opreme) pri zagotavljanju opreme, potrebne za izvedbo poskusov, je ponovno izpostavilo tveganja, povezana s tovrstnimi oblikami sodelovanja. Te ne podajajo nobenega zagotovila za uspešno dokončanje raziskovalnih aktivnosti. To poudarja pomen zagotavljanja lastne ustrezne raziskovalne infrastrukture in opreme, ki sta ključni za uspešno izvedbo zahtevnejših in nestandardnih poskusov, katerih rezultati so pomembni za podporo odločanju v kmetijski praksi.

SKLOP 3: Preizkušanje, izobraževanje in diseminacija rezultatov poskusa

Prenosi rezultatov dela, izobraževanja in diseminacija rezultatov so potekali po nekoliko drugačni dinamiki od predvidene dinamike (ne zgolj v zadnjem šestmesečju) in so izvedeni v celoti. Cilj je dosežen v celoti.

V nadaljevanju so navedeni rezultati projekta (izpisi iz baze COBBIS), torej dokazila o uspešnosti doseganja ciljev na področju vseh treh sklopov.

Znanstveni prispevki (članki)

- 1) TRAJKOVSKI, Ana, BARTOLJ, Jan, LEVSTEK, Tomaž, GODEŠA, Tone, SEČNIK, Matej, HOČEVAR, Marko, MAJDIČ, Franc. Mechanical inter- and intra-row weed control for small-scale vegetable producers. *Agriculture*. 2024, vol. 14, iss. 9, [article no.] 1483, str. 1-14, ilustr. ISSN 2077-0472. <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/9/1483>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: [10.3390/agriculture14091483](https://doi.org/10.3390/agriculture14091483). [COBISS.SI-ID 206591747]
- 2) TIJSKENS, Leopold M. M., SCHOUTEN, Rob E., MCCORMICK, R., UNUK, Tatjana, CAVACO, A. M. Simulating fruit growth and size analysis. V: MAHAJAN, P. V. (ur.), ZUDE-SASSE, M. (ur.), GEYER, Martin (ur.). *Proceedings of the VII International symposium on applications of modelling as an innovative technology in the horticultural supply chain - Model-IT 2023 : Potsdam, Germany June 11-14, 2023*. Leuven, Belgium: ISHS, 2023. Str. 229-235, graf. prikazi. Acta horticulturae, 1382. ISBN 978-94-6261-381-2. ISSN 0567-7572. https://www.actahort.org/books/1382/1382_29.htm. [COBISS.SI-ID 176651779]
- 3) STOPAR, Matej, DONIK PURGAJ, Biserka, HOČEVAR, Marko. Različno cvetoče jablane se različno odzivajo na redčenje plodičev in spodbujanje povratnega cvetenja – potreba po selektivnem pristopu = Different flowering apple trees react differently to fruitlet thinning and flower promotion – a selective approach to tree management is required. V: HUDINA, Metka (ur.). *Zbornik referatov 5. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo : Krško, 17.-18. januar 2024*. 1. elektronska izd. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, 2024. Str. 32-37. ISBN 978-961-91301-6-2. <https://sadjar.si/wp-content/uploads/2024/01/Zbornik-referatov-5-slovenski-sadjarski-kongres.pdf>. [COBISS.SI-ID 186176003]

Strokovni članki in monografije

- 4) DONIK PURGAJ, Biserka. Digitalni sadovnjak prihodnosti, kjer inovacije spreminjajo naše razumevanje kmetijstva. *Kmetovalec : strokovna kmetijska revija*. December 2024, letn. 92, št. 12, str. 6-7, ilustr. ISSN 1318-4245. [COBISS.SI-ID 219648771]
- 5) STAJNKO, Denis, UNUK, Tatjana, TOJNKO, Nina, KOLMANIČ, Simon. Automated procedure for early prediction of apple yield in orchardse [i. e. orchards]. *Glasnik zaštite bilja: glasilo Sekcije za biljnu zaštitu Hrvatskog agronomskog društva*. 2024, vol. 47, br. 5, str. 106-112, ilustr. ISSN 0350-9664. <https://hrcak.srce.hr/clanak/464974>. [COBISS.SI-ID 213267715]
- 6) BERK, Peter, STAJNKO, Denis, PAUŠIČ, Andrej, LEŠNIK, Mario. Effectiveness and environmental effect of alternative weed control in vineyard. *Glasnik zaštite bilja : glasilo Sekcije za biljnu zaštitu Hrvatskog agronomskog društva*. 2025, god. 48, br. 3, str. 68-77, ilustr. ISSN 0350-9664. <https://hrcak.srce.hr/clanak/480150>. [COBISS.SI-ID 234791939]
projekt: No: 33117-17/2023; financer: MKGP

Konference – simpoziji – posveti (objavljeni prispevki)

- 7) STAJNKO, Denis, BERK, Peter, KELC, Damijan, LAKOTA, Miran, RAKUN, Jurij. The Effect of different led lighting on growth of *Eruca sativa* (Mill.). V: KOVAČEV, Igor (ur.), GRUBOR, Mateja (ur.). *Actual tasks on agricultural engineering : Proceedings of the 49th International symposium, Opatija, Croatia, 28th February – 2nd March 2023*. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, 2023. Str. 285-291, ilustr. Actual tasks on agricultural engineering (Online). ISSN 1848-4425. [COBISS.SI-ID [144162563](#)]
- 8) UNUK, Tatjana, TOJNKO, Stanislav, LUČIČ, Damir. *Prepoznavanje kritičnih točk pri preusmeritvi v ekološko pridelavo : predstavitev na posvetu v okviru projekta EIP 16.2 "Okoljski vidiki preusmeritve v ekološko pridelavo sadja, ki je potekala v Hočah, 24. 3. 2023*. [COBISS.SI-ID [147253763](#)]
- 9) KOLMANIČ, Simon, TOJNKO, Stanislav, TOJNKO, Nina, STAJNKO, Denis, UNUK, Tatjana. Postopki za avtomatizirano zgodnje napovedovanje pridelka jabolk = Procedures for automated early prediction of apple yield. V: HUDINA, Metka (ur.). *Zbornik referatov 5. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo : Krško, 17.-18. januar 2024*. 1. elektronska izd. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, 2024. Str. 63-69, ilustr., graf. prikazi. ISBN 978-961-91301-6-2. <https://sadjar.si/wp-content/uploads/2024/01/Zbornik-referatov-5-slovenski-sadjarski-kongres.pdf>. [COBISS.SI-ID [181671683](#)]
- 10) KOLMANIČ, Simon, TOJNKO, Stanislav, UNUK, Tatjana, ŽALIK, Borut, MONGUS, Domen. Zmanjševanje uporabe fitofarmacevtskih sredstev v sadjarstvu s pomočjo digitalizacije. V: ŽEMVA, Andrej (ur.), TROST, Andrej (ur.). *Zbornik dvaintridesete mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2023 = Proceedings of the 32nd International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2023 : Portorož, Slovenija, 28. - 29. september 2023*. Ljubljana: Slovenska sekcija IEEE: Fakulteta za elektrotehniko, 2023. Str. 301-304, ilustr. Zbornik ... Elektrotehniške in računalniške konference (Online), 32. ISSN 2591-0442. [https://erk.fe.uni-lj.si/2023/papers/kolmanic\(zmanjsevanje_uporabe\).pdf](https://erk.fe.uni-lj.si/2023/papers/kolmanic(zmanjsevanje_uporabe).pdf). [COBISS.SI-ID [167327235](#)].
- 11) KOLMANIČ, Simon, UNUK, Tatjana, TOJNKO, Stanislav, STAJNKO, Denis, TOJNKO, Nina, MONGUS, Domen. Uvedba digitalnih orodij za podporo v procesu odločanja in vodenja evidenc v sadjarstvu. V: *Z umetno inteligenco gradimo svet prihodnosti : 31. konferenca Dnevi slovenske informatike : zbornik : 14. in 15. maj 2024, Kongresni center Bernardin, Portorož*. 1. izd. Ljubljana: Slovensko društvo Informatika, 2024. 2 str. ISBN 978-961-6165-62-4. <https://dsi2024.dsi-konferenca.si/uploads/files/DSI2024zbarnik.zip>. [COBISS.SI-ID [198868995](#)]
- 12) BERK, Peter, PAUŠIČ, Andrej, ROŠKARIČ, Mihaela, LEŠNIK, Mario, HOČEVAR, Marko, SEČNIK, Matej. Avtomatiziran proces nanašanja škropilne brozge pri ekološki pridelavi grozdja = Automated process of spray application in the vineyard with an organic production system. V: TRDAN, Stanislav (ur.). *16. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo = 16th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation : izvlečki referatov = abstract volume : 5.-6. marec 2024, Bohinjska Bistrica, Slovenija*. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: = Plant Protection Society of Slovenia, 2024. Str. 53-54. ISBN 978-961-96561-0-5. [COBISS.SI-ID [188298499](#)]
- 13) BERK, Peter, STAJNKO, Denis, VINDIŠ, Peter, KELC, Damijan, LAKOTA, Miran, LEŠNIK, Mario, ROŠKARIČ, Mihaela, PAUŠIČ, Andrej, POJE, Tomaž, JEJČIČ, Viktor, HAUPTMAN, Simona, BREZNIK, Marko, SEČNIK, Matej, HOČEVAR, Marko. Automated monitoring of spray dosing process in the vineyard. V: KOVAČEV, Igor (ur.), GRUBOR, Mateja (ur.). *Actual tasks on agricultural engineering*

: *Proceedings of the 50th International symposium, Opatija, Croatia, 11th-13th March 2025.* Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Division of Agricultural Engineering, 2025. Str. 273-281, ilustr. Actual tasks on agricultural engineering (Online). ISSN 1848-4425. https://atae.agr.hr/50th_ATAE_proceedings.pdf. [COBISS.SI-ID [229329667](#)]

Aktivnost v delovnih skupinah

- 14) STOPAR, Matej, HOČEVAR, Marko. *Precision thinning of apple trees according to bloom density : predavanje na Eufrin Fruit Thinning Working Group Meeting, Israel, 21.-23. feb. 2023.* [COBISS.SI-ID [152485123](#)]
- 15) HILLMAYR, Nika, STOPAR, Matej, DONIK PURGAJ, Biserka. *Four years thinning trials with ACC in Slovenia : predavanje na Eufrin Fruit Thinning Working Group Meeting, Alcobaça, Portugal, 27. feb.-1.mar. 2025.* [COBISS.SI-ID [240662787](#)]
- 16) HILLMAYR, Nika, STOPAR, Matej. *Selective, to individual tree adapted spraying of orchards : predavanje na Eufrin Digital Orchard Working Group Meeting, Bolzano, Italy, 21. nov. - 22. nov. 2024.* [COBISS.SI-ID [219942659](#)]

Izobraževanja – prenosi znanja

- 17) Sadjarsko zelenjadarska konferenca (Ljubljana, 14.11.2023). Okrogla miza: »Uporaba pametnih tehnologij v pridelavi sadja in zelenjave v praksi«. T. Unuk, S. Tojnko in S. Kolmanič.
- 18) STAJNKO, Denis. *Different sustainable approaches to land management : [predavanje v okviru] International summer school "ICT in precision agriculture - IPA.UM.SI", University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Hoče, 29. 8. 2024.* [COBISS.SI-ID [206750211](#)]
- 19) KOLMANIČ, Simon, STAJNKO, Denis. *Uspešnost zgodnje napovedi pridelka jabolk s pomočjo YOLO : predstavitev na dogodku z naslovom Dan odprtih vrat sadjarskega centra Gačnik, ki je potekal v Pesnici, 21. 10. 2025.* [COBISS.SI-ID [254329603](#)]
- 20) STAJNKO, Denis, KOLMANIČ, Simon. *Avtomatizirano zgodnje napovedovanje pridelka jabolk : predstavljeno na izobraževalnem dogodku z naslovom "Izboljšanja tehnologije v pridelavi", ki je potekal v Rogaški Slatini, 28. 1. 2025.* [COBISS.SI-ID [225141763](#)]
- 21) UNUK, Tatjana, DONIK PURGAJ, Biserka. *Uporabnost izbranih orodij za nedestruktivno napoved roka obiranja pri jablani : prispevek na dogodku Dan odprtih vrat Sadjarskega centra Gačnik, ki je potekal v Gačniku, 21. 10. 2025.* [COBISS.SI-ID [255006467](#)]
- 22) UNUK, Tatjana, TOJNKO, Stanislav, TOJNKO, Nina in KOLMANIČ, Simon. Digitalno orodje za poenostavljeno in poenoteno vodenje evidenc v sadjarstvu. Lombergarjevi dnevi 19. december 2024.
- 23) Predstavitev rezultatov projekta na dnevu odprtih vrat v Sadjarskem centru Maribor (Gačnik). 21. oktober 2025
- 24) STOPAR, Matej, SEČNIK, Matej, HILLMAYR, Nika, INDIHAR, Eva, KROŠELJ, Saša, HOČEVAR, Marko. *Raziskava selektivnega pršenja v digitalnem sadovnjaku : predavanje Dan odprtih vrat Sadjarskega centra Maribor, 21. 10. 2025.* [COBISS.SI-ID [255183107](#)]

Medijski dogodki

- 25) GERMŠEK, Blaž. Avstralski komercialni sistem za avtonomno škropljenje/zatiranje plevelov. *Germsek.com : novice kmetijstva in biosistemskega inženirstva*. 8. mar. 2023. ISSN 2463-9222. <https://germsek.com/avstralski-komercialni-sistem-za-avtonomno-skropljenje-zatiranje-plevelov/>. [COBISS.SI-ID 147221251]
- 26) GERMŠEK, Blaž. Bayer in Microsoft lansirata orodje za boljšo vizualizacijo podatkov generiranih na kmetijah. *Germsek.com : novice kmetijstva in biosistemskega inženirstva*. 19. mar. 2023. ISSN 2463-9222. <https://germsek.com/bayer-in-microsoft-lansirata-orodje-za-boljso-vizualizacijo-podatkov-generiranih-na-kmetijah/>. [COBISS.SI-ID 147219971]
- 27) GERMŠEK, Blaž. Elektro-kmetijstvo, pozabljena ali nova tehnologija pridelave?. *Germsek.com : novice kmetijstva in biosistemskega inženirstva*. 11. mar. 2023. ISSN 2463-9222. <https://germsek.com/elektro-kmetijstvo-pozabljena-ali-nova-tehnologija-pridelave/>. [COBISS.SI-ID 147220483]
- 28) STOPAR, Matej (intervjuvanec). Slovenska rešitev za pametno in selektivno škropljenje sadnih dreves. *Finance*. 10. jul. 2023. ISSN 1580-4240. <https://agrobiznis.finance.si/agro-hitech/slovenska-resitev-za-pametno-in-selektivno-skropljenje-sadnih-dreves/a/9014944?src=undefined>. [COBISS.SI-ID 160975363]
- 29) GERMŠEK, Blaž. Sodobni stroji za precizno kmetovanje. *Kmečki glas*. 10. jul. 2024, leto 81, št. 28, str. 21, ilustr. ISSN 0350-4093. [COBISS.SI-ID 202520323]
- 30) GERMŠEK, Blaž. Kako so in kako bodo nove tehnologije pospeševale kmetijstvo. *Kmečki glas*. 17. jul. 2024, leto 81, št. 29, str. 10-11, ilustr. ISSN 0350-4093. [COBISS.SI-ID 202523907]
- 31) STAJNKO, Denis. *Aktualno na področju ohranitvenega kmetijstva : sodelovanje v prispevku v oddaji Ljudje in zemlja na RTV SLO1*, 5. 10. 2025. <https://365.rtv slo.si/arhiv/ljudje-in-zemlja/175164445>. [COBISS.SI-ID 251869955]
- 32) STOPAR, Matej (intervjuvanec). *Upravljanje s tveganji v sadjarstvu : intervju : 15. posvet sadjarjev, AGRA - Gornaj Radgona, oddaja Ljudje in zemlja, TV Slovenija 1*, 21. 9. 2025. <https://365.rtv slo.si/arhiv/ljudje-in-zemlja/175160984>. [COBISS.SI-ID 249830659]

Neposredno na projekt vezanih je v bibliografijah članov projektne skupine zavedenih 32 dogodkov, skupno za znanstvenoraziskovalno delo, strokovne objave, delo v specialnih skupinah, prispevkov na konferencah, medijskih dogodkov in od tega 8 dogodkov, namenjenih prenosu znanja do svetovalcev in pridelovalcev. Nekaj objav oblike znanstvenih in strokovnih člankov bo sledilo še po zaključku projekta. Poročilo je voljo na vpogled na naslednjem linku. <https://www.fkbv.um.si/?p=10797>.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

☒ a) da

☐ b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

--

2. Izvleček vsebinskega poročila o realizaciji predloženega programa dela ³:

SKLOP 1: DIGITALIZACIJA EVIDENC

Namen tega dela projekta je bil razvoj celovitega digitalnega ekosistema za podporo pridelavi sadja, zlasti jablan, češenj in ameriških borovnic. Projekt DigiSAD je vzpostavil celovit digitalni ekosistem, ki povezuje podatkovno bazo in spletno aplikacijo. Sistem omogoča enostavno vodenje evidenc, kar prispeva k večji digitalizaciji slovenskega sadjarstva. Rešitev je bila sproti nadgrajevana glede na odzive uporabnikov in že v testni fazi pokazala praktično uporabnost. Projekt predstavlja pomemben korak k pametnemu kmetijstvu in učinkovitemu upravljanju sadnih nasadov v Sloveniji.

Cilj prvega sklopa je bil razviti spletno platformo, ki omogoča enotno, učinkovito in digitalno vodenje evidenc v sadjarstvu. Ključno vodilo pri razvoju je bilo načelo, da se vsak podatek vnese samo enkrat in se nato uporablja v vseh delih sistema. Razvoj se je začel z analizo obstoječih podatkovnih virov Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP), vključno z GERK-i (grafičnimi enotami rabe kmetijskega zemljišča) in Registrom kmetijskih gospodarstev. Na podlagi teh podatkov in obstoječih obratovalnih zvezkov je bil oblikovan entitetno-relacijski model, ki vključuje 57 tabel, s katerimi se hranijo vsi podatki o nasadih.

V začetku leta 2023 je bila vzpostavljena infrastruktura – strežnik na FERi in domena digisad.feri.um.si. Za podatkovno bazo je bil uporabljen MySQL, spletna aplikacija pa omogoča vnos, pregled in izvoz evidenc. Avtomatiziran zajem podatkov iz pregledovalnika GERK-ov omogoča, da se ob registraciji uporabnika samodejno pridobijo podatki o njegovih kmetijskih površinah. Sistem razvršča GERK-e po kategorijah (jablane, češnje, ameriške borovnice) in omogoča selektivno spremljanje posameznih nasadov.

³ Na tem mestu je potrebno napisati izvleček vsebinskega raziskovalnega poročila -študije, ki je obvezen element tega obrazca (Priloga 1). V izvlečku mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

Platforma DigiSAD vključuje tudi povezavo z mobilno aplikacijo za zajem slik, kar podpira zgodnjo napoved pridelka (opisano v drugem sklopu). Skozi projekt so bile razvite številne funkcionalnosti za posamezne vrste sadja:

Evidenca za jablane

Za nasade jablan so bile razvite spletne forme za:

- cvetenje in nastavke plodov,
- razvoj plodičev in redčenje,
- napoved pridelka,
- zrelostno analizo pred obiranjem,
- evidenco škodljivcev, koristnih organizmov, škropljenj, gnojenj in namakanja.

Sistem omogoča vnos ukrepov za več GERK-ov hkrati, kar močno pospeši delo, in izvoz zbirnih poročil v PDF. Od leta 2024 je vključen tudi modul za zajem in pregled slik nasadov.

Evidenca za češnje

V drugi polovici leta 2023 je bil razvit modul za nasade češenj, ki beleži fenofaze, cvetenje, zavezanost plodov, pridelek, gnojenje in uporabo FFS. Posebnost češnjevih nasadov so številne sorte na enem GERK-u, zato je bil omogočen skupinski vnos ukrepov. Tudi tu je na voljo izvoz zbirnih poročil v obliki obratovalnih zvezkov (PDF).

Evidenca za ameriške borovnice

Modul, razvit v prvi polovici 2024, omogoča beleženje ukrepov v nasadu, števila poganjkov, namakanja, uporabe sredstev za krepitev rastlin, sladkorne stopnje in mase pridelka. Vse forme so se sproti prilagajale povratnim informacijam testnih uporabnikov, da bi dosegli čim večjo učinkovitost in uporabnost.

Dostop: <https://digisad.feri.um.si/prijava>.

SKLOP 2: RAZISKOVALNI DEL

A) Zgodnja napoved pridelka jabolk

Del projekta je bil namenjen razvoju avtomatizirane metode za zgodnjo napoved pridelka jablan. Namen je bil ponuditi cenovno ugodno, enostavno in zanesljivo rešitev, ki temelji na analizi slik sadovnjakov.

Uporabnik z mobilnim telefonom posname dve sliki petih vzorčnih dreves, aplikacija pa s pomočjo globoke nevronske mreže YOLOv8 prepozna jabolka in izračuna njihovo velikost. Kot referenčni objekt se uporablja vijolična žogica premera 62 mm, ki omogoča natančno določanje merilne lestvice

na sliki. Na podlagi izmerjenih premerov, rastnih krivulj in podatkov iz baze DigiSAD (sorta, razdalje med drevesi, T-stadij) sistem napove težo in količino pridelka.

Prvi algoritmi so bili razviti v letu 2023 in testirani na podatkih iz 2001, kjer so dosegli 88 % natančnost detekcije plodov, 84 % natančnost določitve premera in 72 % natančnost napovedi pridelka. Na podlagi teh rezultatov je bila razvita mobilna aplikacija DigiSAD, namenjena napravam z Androidom. Ta omogoča neposredno povezavo s spletno platformo in nalaganje slik.

Med terenskim testiranjem v letu 2024, v katerem je sodelovalo 188 nasadov in 10 sort jablan, so rezultati pokazali povprečno 88 % natančnost napovedi pridelka in 86,7 % natančnost določanja premera plodov. Najvišjo zanesljivost so dosegli pri sorti 'Idared' (98,6 %), najnižjo pa pri sorti 'Fuji' (77,8 %). Težave so se pojavile pri zaznavanju referenčne žogice v neugodnih svetlobnih pogojih, zato je bila v letu 2025 zamenjana z novo, ki je izboljšala zanesljivost detekcije na 93 %.

Dodatni preizkusi v letu 2025 so pokazali 91 % natančnost detekcije plodov in 93,8 % natančnost merjenja premera, vendar nekoliko nižjo natančnost pri končni napovedi pridelka (67–84 %), kar je bilo delno pripisano nadpovprečnemu pridelku v sezoni in nepopolnim rastnim krivuljam za posamezne sorte.

Dostop: <https://digisad.feri.um.si/prijava>.

B) Uporaba nedestruktivnih metod pri določanju optimalnega roka obiranja

Določevanje kakovosti plodov in napovedovanje optimalnega roka obiranja sta ključna strokovna izziva v sadjarstvu. Natančna ocena stopnje zrelosti je temelj za učinkovito skladiščenje jabolk, saj vpliva na kakovost, obstojnost in tržno vrednost pridelka. Cilj raziskave je bil preveriti uporabnost komercialno dostopnih ročnih instrumentov za napovedovanje kakovosti plodov jabolk in določanje optimalnega časa obiranja. Poseben poudarek je bil na iskanju povezav med vsebnostjo klorofila, flavonoidov in parametri, ki jih izmerijo nedestruktivne naprave, ter rezultati destruktivnih analiz.

Uporabili smo nedestruktivno metodo DA-meter® (TR Turoni, Italija), ki temelji na spektrometričnih meritvah vsebnosti klorofila v kožici in mesu plodov. Za dopolnitev rezultatov smo uporabili instrument Sunforest H-100F, ki temelji na NIR-spektroskopiji (meritve v bližnjem infrardečem spektru) in omogoča nedestruktivno napovedovanje vsebnosti topnih trdnih snovi (°Brix).

Raziskava je bila izvedena v letu 2023 - 2025, na lokaciji Sadjarskega centra Maribor. Vključene so bile sorte 'Galaval', 'Evelina', 'Zlati delišes', 'Jonagold Daliryan', 'Topaz' in 'Bonita'. Namen projekta je bil ovrednotiti uporabnost obeh instrumentov v praksi ter določiti povezanost med parametri zrelosti, dobljenimi z destruktivnimi in nedestruktivnimi metodami.

Meritve so pokazale jasen trend zniževanja DA vrednosti skozi obdobje zorenja, kar potrjuje, da indeks IAD uspešno odraža razgradnjo klorofila in napredovanje zrelosti.

Analize iz let 2023 in 2024 so pokazale, da je korelacija med DA vrednostjo in parametri zrelosti močno odvisna od sorte. Pri sorti 'Gala' je bila ugotovljena srednje močna negativna korelacija med vrednostmi DA in škrobom, pri sorti 'Jonaprince' srednje močna negativna korelacija med DA in TSS, pri sortah, kot je 'Evelina', pa povezave ni bilo.

Sklepamo, da DA meter ne more samostojno določiti optimalnega časa obiranja, temveč je najbolj uporaben kot dopolnilno orodje ob kombiniranju s škrobnim testom, Streifovim indeksom zrelosti in

trdoto mesa plodov. DA-meter omogoča hiter in neinvaziven vpogled v zrelost plodov, vendar se njegova uporabnost razlikuje glede na sorto. NIR-instrument Sunforest pravilno zaznava trende TSS, vendar precenjuje absolutne vrednosti, zato je potrebna sortno specifična kalibracija. Kombinacija DA metra, škrobnega testa in destruktivnih analiz še vedno predstavlja najzanesljivejši pristop za določanje optimalnega časa obiranja. Nadaljnje raziskave bodo usmerjene v standardizacijo DA vrednosti za posamezne sorte, pridelane v Sloveniji.

C) Pozicioniranje dreves – »digitalni sadovnjak«

Pod nazivom naloge »pozicioniranje dreves« je bil namen tega dela projekta oblikovati »digitalni dvojček sadovnjaka«, kateri bi z uporabo različnih digitalnih orodij bil sposoben: (i) pozicioniranja dreves na osnovi individualnega drevesa v nasadu in (ii) daljinsko zaznavati fiziološke parametre dreves, kar bi služilo kasnejšemu avtomatiziranemu vzdrževanju sadovnjaka s pomočjo avtonomnih orodij. Praktično smo v projektu za ta namen snovali nov tip škropilnice (t.i. selektivnega pršilnika), ki bi bila sposobna izvajanja teh dveh prej naštetih operacij – selektivnega pršenja individualnih dreves glede na njegove fiziološke potrebe. Za namen dokazovanja potrebe po selektivnem nanosu škropiv (predvsem rastlinskih bioregulatorjev) smo izvajali tudi poljske poskuse. Ob koncu projekta smo napravili prototip selektivnega pršilnika.

Tako imenovani e-sadovnjak služi kot primer digitalnega dvojčka v modernem, intenzivnem nasadu jablan. Za napravo digitalnega sadovnjaka smo si zamislili digitalno pozicioniranje vsakega individualnega drevesa v nasadu in tako zabeleženemu drevesu pripisati njegovo fiziološko stanje, ki bi v nadaljevanju vodilo do potrebnega, individualnemu drevesu primerne tehnološkega ukrepa. Pozicioniranje individualnih dreves ter digitalno zaznavanje fiziološkega stanja (v našem primeru cvetenja) dreves smo zaupali Fakulteti za strojništvo (FS) Univerze v Ljubljani, sadjarski del tega projekta pa je potekal v sadovnjaku na Brdu pri Lukovici. V triletnem poljskem poskusu na odraslih drevesih sorte Jonagold/M.9 smo dokazali, da bi bilo s tehnološkega vidika smiselno in potrebno uvajati novejšje tehnike, t.j. individualnemu drevesu prilagojene nanose rastlinskih bioregulatorjev. Individualna malo cvetoča drevesa jablan bi lahko izpuščali iz programa nanosa sredstev za redčenje plodičev, s čemer bi se izognili nepotrebni izgubi pridelka teh dreves, hkrati pa bi zmanjšali obremenitev okolja zaradi manjše količine nanosa teh FFS na hektar nasada. Podobno bi lahko malo cvetoča drevesa izpuščali iz programa nanosa sredstev za izboljšanje formiranja cvetnega brstja, saj te jablane zaradi svojega malocvetnega fiziološkega stanja že sama po sebi formirajo dovolj rodni brstov za naslednje leto. Za snovanje t.i. selektivnega pršilnika kot ključnega cilja te raziskave smo potrebovali (i) natančno, na individualnemu drevesu sloneče pozicioniranje posameznih dreves v vrsti sadovnjaka ter (ii) daljinsko zaznavanje obilnosti cvetenja individualnih dreves. Samo pozicioniranje dreves je v prvi fazi raziskave potekalo preko postavitve, kalibracije in testiranja RTK GPS sistema, v drugi fazi pa preko RFID identifikacije individualnih dreves. Oboje hkrati je služilo kot osnova za izdelavo digitalnega dvojčka sadovnjaka. Kljub večkratnim nadgradnjam in preizkusom sistema RTK GPS v sadovnjaku nam ni uspelo zagotoviti popolnoma zanesljivega pozicioniranja jablan, zato smo v letu 2024 in 2025 preizkušali tehnologijo RFID kot dodatno metodo zaznavanja lokacije individualnih jablan v sadovnjaku. Vsaki jablani smo priredili edinstven RFID ključek in na ta način uspešno izvedli avtomatsko identifikacijo individualnih dreves v nasadu.

Daljinsko zaznavanje obilnosti cvetenja posameznih dreves smo izvajali z nadgrajenim snemalnim sistemom digitalnega vida s pomočjo umetne inteligence modela YOLOv5. Kljub sistematičnemu podcenjevanju dejanskega števila socvetij na posamezni jablani, je računalniški vid pokazal relativno

dobre rezultate za oceno obilnosti cvetenja dreves, saj s praktičnega vidika ne potrebujemo zelo natančnih ocen. Model umetne inteligence za digitalno zaznavanje obilnosti cvetenja lahko v prihodnosti še izboljšamo, čeprav nam že v zdajšnjem stanju, ob hkratni uporabi RFID identifikacije omogoča napravo prototipa selektivnega pršilnika.

Zaključno lahko ugotovimo, da smo s projektom naredili pomembne korake k digitalizaciji sadovnjakov. Sistem RTK GPS in predvsem RFID tehnologija sta omogočila izdelavo digitalnega dvojčka z natančnim pozicioniranjem posameznih dreves v nasadu, računalniški vid pa je pokazal obetavne rezultate za hitro oceno obilnosti cvetenja jablan. Oboje hkrati je omogočilo napravo novega prototipa selektivnega pršilnika, ki je bistveno boljša verzija od njegovega predhodnika patentiranega v letu 2022.

D) Avtonomni mulčer

V poskusu je bil kot avtonomni mulčer uporabljen Slopehelper, avtonomni električni agrorobot kot slovenski proizvod podjetja PeK Automotive d.o.o. iz Vrhlike. Poljski poskusi so bili izvedeni na poskusni lokaciji Brdo pri Lukovici, kjer smo preučevali zmogljivost avtonomnega mulčerja v medvrstnem prostoru jablan. Testiranja so zajemala: natančnost samodejne vožnje po vrsti in manevriranja na obračališčih, učinkovitost mulčenja trave in plevelne podrasti, spremljanje porabe energije ter potencialnih vplivov na tla in oceno varnosti delovanja v bližini dreves in ljudi. Rezultati so pokazali, da je bil avtonomni mulčer sposoben samodejnega gibanja z uporabo RTK GPS navigacije, pri čemer je bilo odstopanje od predvidene vozne linije zadržano v okviru ± 5 cm. Kakovost mulčenja je bila primerljiva z običajnimi traktorskimi mulčerji, ob nižji porabi energije in brez negativnega vpliva na zbitost tal, saj gre za kompaktnejšo in lažjo enoto. Med ključne prednosti uvrščamo zmanjšanje potreb po delovni sili, izboljšanje varnosti pri delu in možnost integracije z drugimi avtonomnimi napravami ter senzorji v digitalnem sadovnjaku.

E) Večkriterijski digitalni model za oceno rizikov pri prehodu nasadov v zahtevnejše oblike pridelave

V sklopu projekta je bil razvit večkriterijski model za oceno rizikov prehoda v ekološko pridelavo sadja, pri čemer je bila uporabljena metodologija DEXi. Model temelji na orodju za prepoznavanje rizikov prehoda v ekološko pridelavo sadja, razvitem v sklopu projekta *EIP Okoljski vidiki preusmeritve v ekološko pridelavo sadja*. V tem projektu je bil izdelan model 'preveden' v digitalno različico. Metodologija ima naslednje značilnosti, ki temeljijo na kvalitativnem pristopu (namesto številskih vrednosti uporablja kvalitativne (besedne) ocene, kot so npr. *slabo, dobro, odlično*). To mogoča modeliranje problemov, kjer kvantitativni podatki niso na voljo ali niso smiselni. Metodologija razvija hierarhično strukturo; model je organiziran kot drevo atributov, kjer osnovni atributi predstavljajo vhodne podatke (npr. *vpliv na okolje, stroški*), sestavljeni atributi združujejo več osnovnih atributov v višje ravni presoje (npr. *sprejemljivost ukrepa*), končni atribut je rezultat presoje (npr. *skupna ocena ukrepa*).

Model sledi odločitvenim pravilom, kjer namesto matematičnih formul uporablja odločitvene tabele, ki določajo, kako se vrednosti atributov kombinirajo. DEXi omogoča jasno razlago odločitev, saj je mogoče slediti, kako posamezni atributi vplivajo na končno oceno. To je zelo uporabno pri okoljskih presojah, ocenjevanju politik, participativnem odločanju. Model omogoča večplastno vrednotenje

številnih dejavnikov v nasadu in daje informacijo glede velikosti rizikov pri morebitnem prehodu v zahtevnejše oblike pridelave (npr. EKO). Aplikacija DEXi je prosto dostopna vsem zainteresiranim uporabnikom na spletnih straneh Inštituta Jožef Štefan, sam model pa je na osnovi izraženega interesa prosto dostopen pri vodilnem partnerju (FKBV UM). Z izraženim interesom pridelovalec dobi popoln dostop do modela, vsa navodila za uporabo ter usmeritve pri interpretaciji rezultatov.

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen rezultatov in učinkov vašega raziskovalnega projekta⁴:

Ocenjujemo, da imajo rezultati projekta večplastni pomen in naslavljaajo naslednje kategorije:

APLIKATIVNI REZULTATI

- F.01 pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
- F.02 pridobitev novih znanstvenih spoznanj
- F.03 večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
- F.04 dvig tehnološke ravni
- F.05 sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
- F.07 izboljšanje obstoječega izdelka
- F.08 razvoj in izdelava prototipa
- F.10 izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
- F.12 izboljšanje obstoječe storitve
- F.14 izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
- F.15 razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz
- F.17 prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
- F.18 posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)

G UČINKI APLIKATIVNIH REZULTATOV

- G.02 gospodarski razvoj
 - G.02.01 razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu
 - G.02.04 zmanjšanje porabe materialov in energije
 - G.02.06 večja konkurenčna
- G.03 tehnološki razvoj
 - G.03.01 tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti
 - G.03.03 uvajanje novih tehnologij

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta⁵:

⁴ Vpišete lahko več odgovorov. Uporabite šifrant rezultatov pod točko F, učinkov pod točko G), ki je dostopen na spletnem naslovu: <http://www.aris-rs.si/sl/gradivo/sifranti/inc/sif-razisk-rezult.pdf>

⁵ Šifrant je dostopen na spletnem naslovu: <https://www.aris-rs.si/sl/gradivo/sifranti/inc/klasif-druz-ekon-09.pdf>

8 Kmetijstvo

- spodbujanje kmetijstva, gozdarstva, ribištva in proizvodnje živil
- umetna gnojila, biocidi, biološko zatiranje škodljivcev in mehanizacija kmetijstva
- kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo

3.3. Kateri so neposredni rezultati vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Izdelane so aplikacije za digitalne evidence za jablano, češnjo in ameriško borovnico. S tem je postavljen temelj »pametnega kmetijstva«, ki terja izdelavo baze podatkov o nasadu (s povezo do obstoječih podatkovnih baz), ki bodo omogočala zapis in sledenje tehnoloških ukrepov in njihovo natančno beleženje ter analiziranje. Cilj omogoča izboljšanje obstoječe tehnologije, večjo konkurenčnost, predvsem pa razvoj novega informacijskega sistema in podatkovnih baz. Vse to služi povečani konkurenčnosti panoge.

Uvedba digitalizacije v sodobne trajne nasade je tehnološka nuja. V digitalnem sadovnjaku bomo lahko bolj natančno predvideli različne tehnološke ukrepe predvsem z uporabo metod preciznega kmetijstva, v našem primeru selektivnega škropljenja pesticidov glede na fiziološke potrebe individualnega drevesa. S tem bomo vplivali tudi na manjše obremenjevanje okolja ob aplikaciji FFS, predvsem rastlinskih bioregulatorjev. Sadjar si ob uporabi selektivnega pršenja lahko obeta tudi zmanjšanje izmenične rodnosti jablan. Sama postavitev digitalnega dvojčka s pomočjo RFID ključev lahko omogoča natančen popis dreves za namen administrativnih ukrepov, za predvidevanje višine pridelka, za zapisovanje lastnosti individualnih dreves v excelovi preglednici, za beleženje zgodovine cvetenja in pridelkov posameznih dreves in na celotni površini nasada, za načrtovanje nanosa FFS ali listnih gnojil,... Naprava digitalnega sadovnjaka sledi najnovejšim razvojno raziskovalnim smernicam v poskusnih sadovnjakih na območju Evropa (Esteburg, Fruit growing centre Niedersachsen, Laimburg research centre South Tyrol, CTIFL La Moriliniere research centre France). Digitalni sadovnjaki delajo v smeri razvoja metod preciznega kmetijstva in avtomatiziranih evidenc dolgoletnih pridelkov za lažje načrtovanje pridelave ter trženja sadja. Z metodami preciznega kmetijstva lahko dosežemo manjše obremenjevanje okolja z različnimi pesticidi ter načrtujemo pravilno tehnološko ukrepanje ter natančno, okolju prilagojeno varstvo pred boleznimi in škodljivci.

Preskušani avtonomni mulčer se je pokazal kot rešitev za zmanjšanje potreb po delovni sili. Na njegovo avtonomno platformo lahko integriramo tudi druge razvijajoče robotske rešitve (npr. pršilnik, robotski obiralnik) z različnimi tipi senzorjev za opravljanje avtomatiziranih del v digitalnem sadovnjaku.

Tako digitalni sadovnjak kot avtonomni mulčer in pršilnik naslavlja cilje, kot so dvig tehnološke ravni, dvig usposobljenosti osebja, izboljšanje obstoječega izdelka in storitve, proizvodnih metod, dvig znanstvenoraziskovalne usposobljenosti osebja, širitev ponudbe na trgu, tehnološki razvoj, in tudi v tem primeru povečanje konkurenčnosti pridelave.

Uporaba različnih nedestruktivnih metod določanja zrelosti pridelka je nuja, ki podpira določanje optimalnega roka obiranja kot enega najpomembnejših dejanj v pridelavi sadja, s kritičnim pomenom za skladiščni potencial pridelka in optimiranje postopkov obiranja in skladiščenja z neposrednim ekonomskim učinkom. V okviru raziskovalnega projekta smo dosegli več neposrednih rezultatov, ki prispevajo k razvoju sodobnih, nedestruktivnih pristopov za oceno zrelosti jabolk ter optimizaciji postopkov obiranja in skladiščenja. Doseženi rezultati pomenijo doseganje naslednjih ciljev: dvig tehnološke ravni in tehnološki razvoj, razširitev ponudbe storitev na trgu, zmanjšanje porabe materialov in energije, uvajanje novih tehnologij, pridobitev praktičnih znanj in veščin, pridobitev novih znanstvenih spoznanj..... povečanje konkurenčnosti pridelave in trajnostnega razvoja panoge.

Večkriterijski model za oceno rizikov pri prehodu v zahtevnejše sisteme pridelave je orodje, ki zavaruje pridelovalca pred morebitno prenapetostjo ali slabo premišljeno odločitvijo glede prehoda v zahtevnejše oblike pridelave, ki bi morda lahko negativno vplivala na njegov ekonomski status. Hkrati ga vodi preko nabora kriterijev, ki neposredno vplivajo na uspeh pridelave in na katere morda nekateri pridelovalci pozabljajo. Rezultati razvitega modela neposredno nagovarjajo cilje, kot so tehnološki razvoj, izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa, sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja, izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in procesov.

Projekt podpira uvajanje digitalnih in pametnih orodij v prakso ter s tem pospešuje modernizacijo in večjo konkurenčnost sadjarske pridelave.

3.4. Kakšni so lahko dolgoročni rezultati vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Projekt nagovarja dve problematiki: pametno in precizno kmetijstvo.

Na področju pametnega kmetijstva projekt ponuja dolgoročne rešitve z razvojem digitalizacije evidenc. Te omogočajo zajem podatkov iz že obstoječih baz, katere pridelovalci dopolnjujejo z zapisi o izvedbi tehnoloških ukrepov (zapis v digitalnem obratovnem zvezku) ter podatki o pridelku (spremljanje zorenja, zgodnja napoved količine pridelka...). Spletne platforme za beleženje informacij o nasadu prinašajo številne prednosti: omogočajo enostaven vnos podatkov, pregled zgodovine ukrepov in generiranje poročil (npr. za različne načine kontrole in sheme certificiranja), hkrati pa olajšajo primerjave uspešnosti različnih pridelovalnih praks. Poleg tega predstavljajo pomembno osnovo za nadaljnji razvoj naprednih digitalnih orodij, kot so modeli za podporo odločanju in agroekološke analize.

V okviru projekta za jablano, češnjo in ameriško borovnico pripravljene generirane spletne platforme predstavljajo pomemben rezultat projekta; neposredno podpirajo digitalizacijo sadjarske pridelave, povečujejo sledljivost ukrepov in preglednost pridelave ter pridelovalcem omogočajo sodobno orodje za učinkovitejšo načrtovanje in izvajanje tehnoloških ukrepov.

Avtonomne naprave v kmetijski pridelavi postajajo nujnost. Z robotskimi sistemi (avtonomni pršilnik, avtonomni mulčer) lahko zmanjšamo potrebo po ročni delovni sili, izboljšamo varnost pri delu in povečamo energetske učinkovitosti delovnih operacij v trajnih nasadih. Predvsem se kot smotrna izkazuje uporaba rastlinskih bioregulatorjev v smeri inteligentnega nanosa na podlagi potreb

individualnega drevesa, kar bo posledično odraženo v zmanjševanju nanosa le teh v trajnih nasadih. Predviden je tudi vpliv na zmanjšanje izmenične rodnosti v nasadih jablan ter dolgoročno večji ter kakovostnejši pridelek jabolk. Digitalizacija sadovnjakov bo omogočila tudi lažje načrtovanje tehnoloških postopkov tekom leta ter beleženje tehnoloških in proizvodnih informacij v večletno zgodovino rodnosti sadovnjaka.

Zgodnja napoved pridelka jabolk ima v praksi večplastni pomen. Je ključna za organiziranje delovne sile in ključna za določanje cene sadja na trgu. Zaradi tega smo v sklopu projekta razvili rešitev, ki omogoča cenovno ugodno in uporabniško prijazno sliko petih vzorčnih dreves v sadovnjaku, nato pa metoda s pomočjo splošno sprejetih rastnih krivulj napove količino pridelka ob obiranju. Sama metoda je temeljila na že obstoječi aplikaciji, ki je bila razvita na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru. Metoda izkazuje veliko natančnost napovedi pridelka in deluje na zelo poenostavljen način. Aplikacijo je možno brezplačno naložiti na mobilni telefon v obliki app_Digisad. Prav tako je prosto dostopna podporna aplikacija za PC na internetni strani <https://digisad.feri.um.si/prijava>. Z app_Digisad lahko posamezni sadjar brezplačno testira aplikacijo preko mobilnega telefona v svojih nasadih, kamor dostopa potem, ko se je registriral v sistem na PC aplikaciji. Na ta način je sistem prosto dostopen vsem zainteresiranim posameznikom, k čemer so bili različni deležniki že pozvani med raznimi dogodki diseminacije rezultatov.

Projekt je rezultiral tudi v izgradnji DEXi modela, ki temelji na večkriterijskem vrednotenju rizikov v prehodu v zahtevnejše oblike pridelave sadja. Model pridelovalcu omogoča pridobitev jasnega odgovora, ali lahko svoj nasad preusmeri npr. v EKO pridelavo in kje bo, glede na značilnosti nasada in glede na lastno znanje, opremljenost in klimatske specifičnosti morda naletel na težavo. Orodje je neobhodno potrebno za vse, ki razmišljajo o napravi novih nasadov ali prehodu v zahtevnejše oblike, saj izkušnje kažejo, da je lahko tovrstna preusmeritev v številnih primerih rizična in bi jo bilo potrebno pridelovalcu morda celo odsvetovati.

Projekt je prinesel konkretne, uporabne rezultate za prakso in znanost – potrdil je, da je kombinacija nedestruktivnih spektrometričnih metod (DA, NIR) z destruktivnimi analizami najučinkovitejši pristop za oceno zrelosti jabolk, hkrati pa je vzpostavil temelje za kalibracijo instrumentov in digitalno beleženje podatkov v prihodnjih letih.

Doseženi cilji projekta so neposredno uporabni v praksi. Vsak od njih izkazuje velik doprinos za razvoj panoge. Celotno poročilo s podrobnejšim opisom nalog je na voljo za vpogled na naslednjem linku: <https://www.fkbv.um.si/?p=10797>.

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

X a) v domačih znanstvenih krogih;

X b) v mednarodnih znanstvenih krogih;

X c) pri domačih uporabnikih;

X d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

JSKS - SLUŽBA KMETIJSKEGA SODELOVANJA

3.7. Število diplomantov, magistrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

2 magistrski nalogi (mentor partner FERI UM)

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

EUFRIN Fruit Thinning working group – je network evropskih inštitucij, ki se ukvarjajo z raziskavami v sadjarstvu, v tej delovni skupini z raziskavami optimalnega rodnega nastavka pečkarjev in koščičarjev. Predsednik Guglielmo Costa (Bolonja, Italija), sekretar Matej Stopar.

EUFRIN Digital Orchard Working Group – je nova delovna skupina EUFRIN, ki je začela delovati v letu 2024. Predsednica Konni Biegert (Bavendorf, Nemčija).

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

Vsakoletni delovni sestanki skupine EUFRIN Fruit Thinning Working Group v eni izmed držav EU. V letu 2026 bo izveden že 26 tovrstni simpozij skupine, kjer bodo predstavljeni vsakoletni rezultati s področja redčenja plodičev jablane.

Pred enim letom ustanovljena EUFRIN Digital Orchard Working Group. Predstavljeno na konferenci v Bolzanu, Italija, 21. nov. - 22. nov. 2024

Datum: _____ 30. oktober 2025 _____

Podpis vodje projekta:

Podpis in žig izvajalca:

red. prof. dr. Aleš Gregorc, dekan fakultete

Priloga 1: Vsebinsko poročilo – študija

CRP V4-2230: Razvoj in uvajanje digitalnih orodij za podporo v pridelavi sadja (CRP DigiSAD)

Priloga 1: VSEBINSKA POROČILA

Vsebina

CRP V4-2230: Razvoj in uvajanje digitalnih orodij za podporo v pridelavi sadja (CRP DigiSAD).....	20
Priloga 1: VSEBINSKA POROČILA.....	20
SKLOP 1: DIGITALIZACIJA EVIDENC.....	20
Evidence za nasade jabolk.....	23
Evidence za nasade češenj.....	24
Evidence za nasade ameriških borovnic.....	25
SKLOP 2: RAZISKOVALNO DELO.....	27
2.1 Mobilna aplikacija za zgodnjo napoved količine pridelka na osnovi posnetka stanja v nasadu.....	27
2.2 Nedestruktivne metode določanja zrelosti pridelka.....	30
2.3 Sistem za RTK pozicioniranje (digitalno orodje 'e-poljina').....	38
2.4 Večkriterijski digitalni model za oceno rizikov pri prehodu nasadov v zahtevnejše oblike pridelave.....	43
2.5 Avtonomni mulčer.....	46
SKLOP 3: PREIZKUŠANJE, IZOBRAŽEVANJE IN DISEMINACIJA REZULTATOV.....	47

SKLOP 1: DIGITALIZACIJA EVIDENC

V okviru projekta Razvoj in uvajanje digitalnih orodij za podporo v pridelavi sadja smo razvili spletno platformo za vodenje evidenc opravljenega dela v nasadih jablan, češenj in ameriških borovnic. Cilj, ki smo ga pri tem zasledovali, je bil urediti oblike zapisa podatkov o nasadu in vseh izvedenih tehnoloških ukrepi, z dodanimi podatki o pridelku. Namen je bil tudi, da bi vsak podatek pridelovalec vpisali samo enkrat in da bi aplikacija omogočala tudi selektivni izpis informacij, potrebnih za različne oblike kontrol in certifikacij.

Tako je najprej potekal pregled obstoječih podatkovnih virov, v obliki evidenc, ki se vodijo v okviru Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Po opravljeni analizi smo izhajali iz podatkov Javnega pregledovalnika GERK-ov in Registra kmetijskih gospodarstev, do katerega pa dostop ni javen, smo pa na anonimizirane podatke dobili za potrebe projekta neposredno pridobili iz Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Za potrebe zbiranja podatkov o nasadu smo analizirali obstoječe obratovne zvezke za vse tri prej omenjene vrste nasadov. Na podlagi opravljenih analiz smo nato izdelali podatkovni model. V okviru entitetno-relacijskega modela je bilo razvitih 57 tabel.

V začetku leta 2023 smo vzpostavili strežnik, ki je lociran v prostorih Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Maribor, in registrirali domeno digisad.feri.um.si. Za implementacijo podatkovne baze smo uporabili MySQL. Sledila je izdelava spletne aplikacije za vodenje evidenc, pri kateri je bilo potrebno naprej razviti skripte za zajem podatkov s spletne strani pregledovalnik GERK-ov, ki smo jo klicali vsakič ob vpisu novega uporabnika, glej sliko 1.

The image shows a web form titled "DIGISAD REGISTRACIJA". It contains several input fields for user registration: "Ime" (Name) with a sub-label "Vnesite vaše ime", "Priimek" (Surname) with a sub-label "Vnesite vaš priimek", "Uporabniško ime" (Username) with a sub-label "Izberite si uporabniško ime za račun, minimalno 5 znakov", "Geslo" (Password) with a sub-label "Izberite si geslo za račun, minimalno 5 znakov", and "Potrdite geslo" (Confirm password) with a sub-label "Ponovno vnesite geslo". There are also fields for "MID številka" (MID number) with a sub-label "Vnesite vašo MID številko", "Ulica" (Street) with a sub-label "Vnesite vašo ulico", "Hišna številka" (House number) with a sub-label "Vnesite vašo hišno številko", "Poštna številka" (Postal code) with a sub-label "Vnesite vašo pošto številko", and "Kraj/naselje" (Location) with a sub-label "Vnesite kraj oz. naselje". A blue button labeled "Ustvari račun" (Create account) is at the bottom. Below the button is a link "Ali že imate račun? Prijava" (Already have an account? Login). At the very bottom, a small note says "Proces registracije lahko traja do 120 sekund."

Slika 1: Vpis novega uporabnika v sistem digitalnih evidenc DigiSAD.

Skripta je na podlagi šifre kmetijskega gospodarstva (KMG MID) pridobila podatke o GERK-ih, povezanih s kmetijskim gospodarstvom in jih vpisala v bazo. Pri tem je sistem zaradi večje preglednosti GERK-e uvrstil v štiri ločene kategorije: GERK-e s trajnimi nasadi jabolk, GERK-e s trajnimi nasadi češenj in GERK-e s trajnostnimi nasadi ameriške borovnice. Pri vsaki kategoriji uporabnik določi, za katere je želel beležiti evidenco, kot to prikazuje slika 2.

Nastavitve

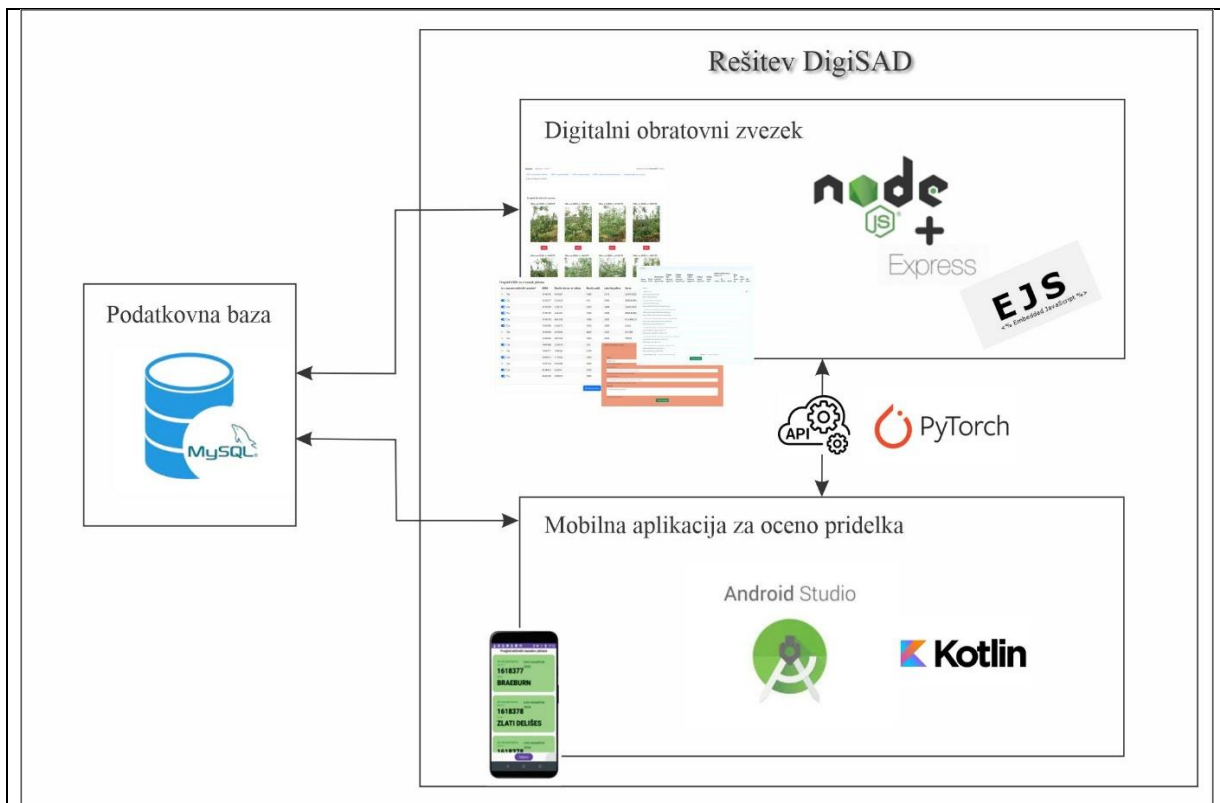
Je v seznamu aktivnih nasadov?	GERK	Blok ID	Raba	Domače ime	Površina [m ²]	NUP [m ²]	Povprečna NMV	Povprečna Ekspozicija	Povprečni naklon	Opomba	Je na seznamu MKGP?
☐ Ne	830132	11514549	1211(V) Vinograd	ŠEMPASKE GMAJNE	4947	4947	81.15	5	4% oz. 2.2°	/	Ne
☐ Ne	830213	11514548	1211(V) Vinograd	ŠEMPASKE GMAJNE	6878	6878	85.787	35	3% oz. 1.7°	/	Ne
☐ Ne	860407	11514545	1100(N) Njiva	DOMBRAVA	10975	10975	50.694	247	1% oz. .6°	Sprememba GERKa po uradni dolžnosti na osnovi kontrole ARSKTRP 2022	Ne
☐ Ne	860409	11514550	1211(V) Vinograd	MLAKA	4790	4790	55.665	265	1% oz. .8°	/	Ne
☐ Ne	860410	11514551	1211(V) Vinograd	PRI HIŠI	1332	1332	63.544	61	10% oz. 5.4°	/	Ne
☐ Ne	872485	11514546	1211(V) Vinograd	GMAJNE	9787	9787	84.344	13	3% oz. 1.8°	/	Ne
☐ Ne	872486	11514542	1211(V) Vinograd	BOZNA	27001	27001	141.242	66	38% oz. 20.7°	/	Ne
☐ Ne	3554504	11799304	1300(T) Trajni travnik	BATUJSKO	14286	14286	65.205	218	2% oz. 1.3°	/	Ne
☐ Ne	5482294	11514542	1300(T) Trajni travnik	BOZNA_1	292	292	130.849	70	13% oz. 7.5°	/	Ne
☐ Ne	5631447	11514551	1100(N) Njiva	PRI HIŠI	796	796	62.436	61	9% oz. 4.9°	/	Ne
Je v seznamu aktivnih nasadov?	GERK	Nasadi na GERK-u:					Število dreves na hektar	Število sadik	Leto Nasaditve	Sorta	Je na seznamu MKGP?
☒ Da	872484	Nasadi iz seznama MKGP (JABLANA)					411.039	70	1992	ZLATI DELIŠES	Da
☒ Da	872484	Nasadi iz seznama MKGP (JABLANA)					2524.96	430	1992	IDARED	Da
☒ Da	3555043	Nasadi, ki ga je dodal uporabnik (JABLANA)					266.146	300	2019	Granny Smith	Ne
☒ Da	6342250	Nasadi iz seznama MKGP (JABLANA)					3223.39	430	1992	IDARED	Da

Domača stran

Slika 2: Prikaz spiska vseh GERK-ov kmetijskega gospodarstva in izbira tistih za katere zbiramo evidence.

Spisek izbranih GERK-ov se je nato prikazal ob vsakem vpisu uporabnika, s klikom na posamezne GERK pa se je odprl obrazec za vpis evidenc, ki je bil specifičen za določen tip nasada in bo zato posebej opisan v nadaljevanju.

Za potrebe zgodnje napovedi pridelka, ki je predmet opisa drugega sklopa, smo v sistem DigiSAD v letu 2023 povezali tudi mobilno aplikacijo za zajem slik iz sadovnjaka, ki smo jih prav tako hranili v podatkovni bazi. Končni ekosistem DigiSAD skupaj s tehnološkim skladiščem lahko tako vidimo na sliki 3.



Slika 3: Arhitektura končnega sistema DigiSAD, skupaj z uporabljenim tehnološkim skladom.

Evidence za nasade jabolk

V nasadih jabolk smo v prvi polovici leta 2023 implementirali naslednje evidence:

- cvetenje: ocena nastavka cvetnih brstov, ocena cvetenja, ocena rodnega nastavka,
- razvoj plodičev: datum T-stadija, rezultati redčenja, ciljni pridelek,
- zgodnja napoved pridelka,
- analiza zrelostnega stanja: 2 tedna pred obiranjem, teden pred obiranjem, ob obiranju,
- podatki o pridelku,
- podatki o pojavu škodljivcev,
- podatki o pojavu koristnih organizmov,
- dnevnik škropljenj,
- dnevnik gnojenj,
- dnevnik namakanja.

Evidence se vodijo v posebnih spletnih obrazcih, katerih primere lahko vidimo na sliki 4.

The image displays three screenshots of a web application titled "CRP obrazec za jablo".

- Top Left:** A form for "Ocena nastanka cvetnih brstov" (Evaluation of flower bud formation). It includes a date field (1.5.2023) and a score field (2). Below is a legend for "Nastanek cvetnih brstov" with five categories: 1 = brez vidnega nastanka cvetnih brstov, 2 = slabe nastavitve cvetnih brstov, 3 = dober nastavek cvetnih brstov, 4 = veliki cvetni nastavek, 5 = zelo dober nastavek cvetnih brstov.
- Bottom Left:** A form for "Ocena cvetenja" (Evaluation of flowering). It includes a date field (13/10/2023) and a score field. Below is a legend for "Ocena cvetenja" with five categories: 1 = brez vidnega cvetenja, 2 = slabo cvetenje, 3 = srednje cvetenje, 4 = dobro cvetenje, 5 = zelo dobro cvetenje.
- Right:** A map interface for "CRP obrazec za jablo". It shows a map of an orchard with a green area representing the orchard. A legend on the right indicates "Drevo št. 2" and "Drevo št. 1".

Slika 4: Primeri spletnih form za vodenje evidenc v nasadih jablan.

Pri vnašanju evidenc smo upoštevali, da se lahko ukrepi izvajajo na več GERK-ih v istem terminu, zato smo omogočili, da lahko uporabnik vnaša posamezen ukrep za več GERK-ov hkrati, kar občutno pohitri vpisovanje izvedenih ukrepov. Izhodiščne forme za vpis ukrepov so se potem skozi celotno trajanja projekta nadgrajevale v skladu z odzivi testnih uporabnikov. Možno je bilo izdelati tudi zbirno poročilo o vseh izvedenih ukrepih in ga izvoziti v pdf obliki. Skozi celotno leto 2024 smo nudili podporo uporabnikom in kot je bilo že omenjeno prilagajali obrazce glede na izražene želje in potrebe. V prvi polovici leta 2024 smo med forme za vodenje evidenc o nasadih jabolk vključili še vmesnik za zbiranje slik nasada, ki jih pridobimo iz mobilne aplikacije za zgodnjo napoved pridelka. Slike lahko pregledujemo in shranimo na lokalni disk.

Testiranja digitalnih evidenc in prenos znanja – povratne informacije

V sklopu testiranja razvitih informacijskih rešitev smo v praksi preverili delovanje digitalnih evidenc nasada. Cilj testiranja je bil oceniti učinkovitost sistema pri beleženju podatkov ter analizirati njegovo uporabnost za prenos znanja in optimizacijo upravljanja nasadov.

Sistem omogoča hitro in strukturirano beleženje podatkov. Prikaz podatkov je pregleden, kar olajša analizo in odločanje. Pri slabši internetni povezavi se je pojavilo nekaj težav pri sinhronizaciji podatkov.

Testiranje je pokazalo, da digitalne evidence nasadov bistveno prispevajo k boljšemu upravljanju in prenosu znanja. Predlagamo nadaljnjo optimizacijo sinhronizacije in dodatne funkcionalnosti za prilagoditev različnim uporabnikom.

Evidence za nasade češenj

Spletni obrazci za vodenje evidenc za nasade češenj je bil implementiran v drugi polovici leta 2023, pri čemer smo za češnjo vodili naslednje evidence:

- datumi nastopa pomembnih fenofaz v nasadu,
- ocena cvetenja,

- ocene zavezanosti plodičev,
- pridelek: število obranih dreves, masa pridelka tržne kakovosti, masa pridelka netržne kakovosti, deleži plodov določene debeline,
- rez dreves,
- gnojenje,
- uporaba FFS.

Tudi v tem primeru so bile razvite spletne forme, ki so se skozi trajanje projekta nadgrajevale in prilagajale potrebam testnih uporabnikov. Nekaj primerov spletnih form za vodenje evidenc v nasadih češenj lahko vidimo na sliki 5.

The image shows two screenshots of a web-based data entry form titled "CRP obrazec za češnje". The top screenshot displays the main form with fields for "Izbira leta" (Year selection), "GERK", and "Ozempenje in napoved pridelka". Below this is a section for "Fenološka faza - BECH" with a dropdown menu and a date field. The bottom section, "Legenda fenofaz", includes four images of cherry trees at different stages: 03 (Konec nabiranja brskov), 61 (Začetek cvetenja), 63 (Polno cvetenje), and 69 (Konec cvetenja). The bottom screenshot shows a detailed data entry form with multiple columns for recording different types of yields and quality metrics, including fields for "Datum", "Število dreves", "Masa pridelka", and "Masa pridelka netržne kakovosti".

Slika 5: Primeri form za vodenje evidenc v nasadih češenj.

Nasadi češenj so specifični, saj imamo na enem GERK-u zelo veliko majhnih nasadov s po nekaj dreves, ki se razlikujejo po sorti ali letu sajenja. Prav zaradi tega smo tudi tukaj omogočili možnost skupinskega vnosa vnosa FFS ter evidenc gnojenja v nasade, ki so nujni za obvladovanje vodenja evidenc. Podobno kot pri jabolkih, lahko tudi v primeru češenj generiramo zbirno poročilo v obliki obratovnega zvezka, ki ga lahko izvozimo v obliki pdf datoteke.

Digitalni obrazci za beleženje tehnoloških ukrepov v nasadu češenj so bili testirani v praksi. Dopolnjen oz. posodobljen je bil obratovni list. Posodobljen obrazec je vnesen v spletno platformo Digisad (<https://digisad.feri.um.si/>), uporabniki pa ga lahko po registraciji in prijavi preizkusijo.

Evidence za nasade ameriških borovnic

V okviru projekta smo za ameriško borovnico najprej zasnovali Excel obrazec, ki je omogočal zbiranje in strukturiranje podatkov o nasadih. Študija primera je bila izvedena na ameriški borovnici, pri čemer smo opredelili ključne sklope podatkov, potrebne za učinkovito upravljanje sadovnjaka. Obrazec je zajemal osnovne identifikacijske podatke o pridelovalcu in nasadu (KMG-MID, GERK-PID, površina, število sadik, sorte, razdalje), okoljske značilnosti (tip tal, organska snov, hranila, nadmorska višina, ekspozicija, naklon), podnebne dejavnike (temperature, padavine, namakanje), tehnološke ukrepe (priprava tal, gnojenje, obrezovanje, zaščita rastlin,

oskrba medvrstnega prostora) ter fenološka opažanja in podatke o pridelku (čas cvetenja, zorenja, količina in kakovost pridelka, zdravstveno stanje rastlin).

Na osnovi teh informacij smo pripravili nabor osnovnih podatkov, ki predstavljajo minimalni standard za spremljanje nasadov, ter oblikovali koncept digitalnega obratovnega lista, ki omogoča sistematično beleženje vseh ključnih tehnoloških ukrepov.

V nadaljevanju je bila razvita in oblikovana spletna platforma za elektronsko beleženje podatkov o nasadu. Platformo smo nato eno sezono intenzivno testirali in uporabljali na primeru ameriške borovnice, kjer smo spremljali razvoj nasada z rednim vnosom podatkov o tehnoloških ukrepih in fenoloških opažanjih. Ob tem smo sproti odpravljali manjše napake in skupaj z izvajalcem dodajali izboljšave, s čimer smo spletno platformo naredili bolj pregledno, uporabniku prijazno in funkcionalno.

Spletni obrazci za vodenje evidenc o nasadih ameriških borovnic so bili implementirani v prvi polovici leta 2024. Za to vrsto nasadov je ob zaključku projekta omogočeno vodenje naslednjih evidenc:

- ukrepi v nasadu,
- število poganjkov ob koncu vegetacije in po rezi,
- namakanje nasada,
- sredstva za krepitev rastlin,
- sladkorna stopnja ob obiranju,
- masa pridelka tržne kakovosti,
- masa pridelka netržne kakovosti,
- tla.

Razvite spletne forme so se tudi v tem primeru prilagajale željam in potrebam testnih uporabnikov, da smo tako zagotovili čim večjo učinkovitost vodenja evidenc in uporabniško prijaznost razvite rešitve. Primere vnosnih form lahko vidimo na sliki 6.

The image displays a web-based data entry form titled "CRP obrazec za ameriško borovnico". The form is divided into several sections for recording different types of data:

- Top Section:** Includes a dropdown for "Izbira leta" (Year selection) set to 2025, and navigation tabs: "GRIPE", "Ukrepi", "Fenofaze", "Pridelki", and "Tla".
- Phenological Stages Table:** A table with columns "Datum", "Fenofaza", and "Izbira". It lists various stages from 2024-03-20 to 2025-07-09, such as "Začetek brstenja", "Polno cvetenje", and "Koniec obiranja".
- Management Actions Form:** A section for recording actions like irrigation, fertilization, and pest control, with fields for "Datum", "Ukrepi", and "Vrednotenje ukrepa".
- Harvest Data Form:** A section for recording harvest data, including "Datum", "Število poganjkov", and "Količina in kakovost pridelka".
- Soil Data Form:** A section for recording soil data, including "Datum", "Vrednotenje stanja tla", and "Vrednotenje vsebnosti hranil".
- Legend:** A section at the bottom left showing four photographs of blueberry plants at different stages of growth and flowering, labeled with their respective phenological stages.

Slika 6: Primer vnosnih form za vodenje evidenc o nasadih ameriških borovnic.

Podobno kot v ostalih dveh primerih smo se odzivali na povratne informacije s strani testnih uporabnikov, da bi zagotovili čim boljše uporabnost rešitve. Tudi v tem primeru lahko tvorimo zbirno poročilo v obliki obratovnega zvezka, ki ga lahko izvozimo v pdf obliko.

Spletne platforme za beleženje informacij o nasadu prinašajo številne prednosti: omogočajo enostaven vnos podatkov, pregled zgodovine ukrepov in generiranje poročil (npr. za različne načina kontrole in sheme certificiranja), hkrati pa olajšajo primerjave uspešnosti različnih pridelovalnih praks. Poleg tega predstavljajo pomembno osnovo za nadaljnji razvoj naprednih digitalnih orodij, kot so modeli za podporo odločanju in agroekološke analize.

V okviru projekta za jablano, češnjo in ameriško borovnico pripravljene generirane spletne platforme predstavljajo pomemben rezultat projekta; neposredno podpirajo digitalizacijo sadjarske pridelave, povečujejo sledljivost ukrepov in preglednost pridelave ter pridelovalcem omogočajo sodobno orodje za učinkovitejše načrtovanje in izvajanje tehnoloških ukrepov.

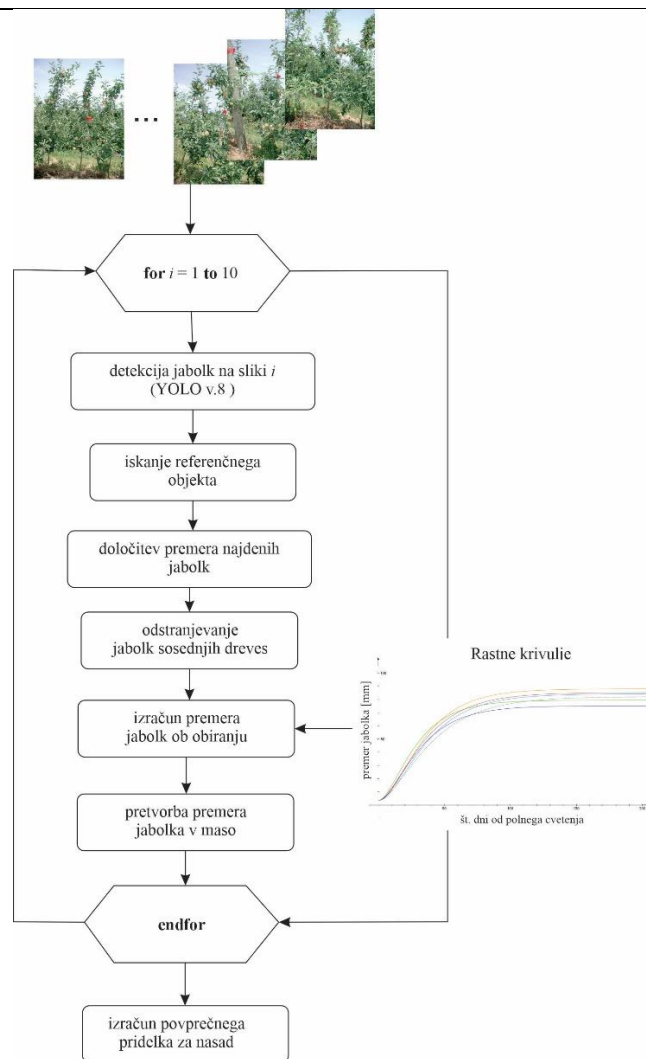
Urejeni obrazci oz. digitalne evidence so dostopne na spletni platformi Digisad (<https://digisad.feri.um.si/>), uporabniki pa ga lahko po registraciji in prijavi preizkusijo. Ob zaključku projekta bodo na voljo preko spletnih povezav pri vseh partnerjih.

SKLOP 2: RAZISKOVALNO DELO

2.1 Mobilna aplikacija za zgodnjo napoved količine pridelka na osnovi posnetka stanja v nasadu

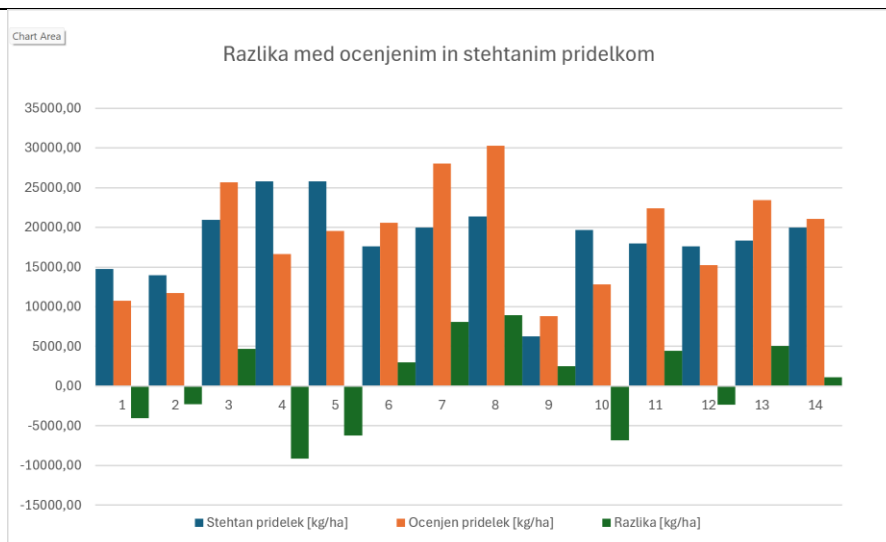
Zgodnja napoved pridelka jabolk je ključna za določanje cene sadja na trgu. Zaradi tega smo v sklopu projekta razvili rešitev, ki omogoča cenovno ugodno in uporabniško prijazno sliko petih vzorčnih dreves v sadovnjaku, nato pa metoda s pomočjo splošno sprejetih rastišnih krivulj napove količino pridelka ob obiranju. Sama metoda je temeljila na že obstoječi aplikaciji, ki je bila razvita na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru.

Da smo lahko postopek napovedi avtomatizirali, smo iz podatkovne baze pridobili podatke o sorti jabolk v nasadu, številu dreves in razdaljami med njimi, datumu stadija T in datumu predvidenega obiranja. Za avtonomno zaznavo jabolk na sliki smo uporabili referenčni objekt, ki je bila žogica s premerom 62 mm vijolične barve. Barva je referenčne žogice bistvenega pomena za zanesljivo delovanje in smo jo iskali v več poskusih v času trajanja projekta. Pravilna zaznava žogice je bila ključna, da smo lahko določili premere jabolk na sliki, ki smo jih razpoznali s pomočjo globoke nevronske mreže YOLO v8. Osnovne algoritme za detekcijo jabolk smo razvili v prvi polovici leta 2023. Temelji na desetih slikah, ki jih uporabnik zajame z mobilnim telefonom z operacijskim sistemom Android. Na slikah najprej poiščemo referenčni objekt, nato pa z mrežo YOLO poiščemo jabolka. Glede na velikost referenčnega objekta v sliki določimo premer najdenih jabolk. Na podlagi določenega premera in časa, ki je preostalo do obiranja na podlagi rastišnih krivulj napovemo premer jabolk v času obiranja. Na podlagi premera jabolk in s pomočjo splošno sprejetih enačb nato izračunamo njihovo težo, kar nam služi kot izhodišče za napoved pridelka. Sam princip delovanja metode je prikazan na sliki 7.



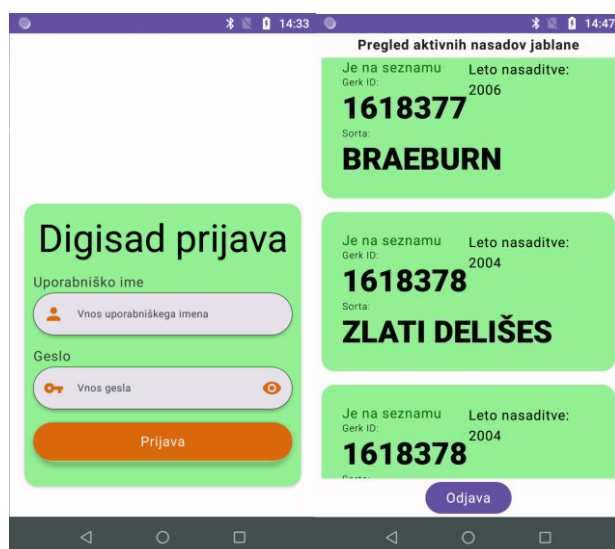
Slika 7: Algoritem za avtonomno zgodnjo napoved pridelka.

Algoritme smo najprej testirali na podatkih iz leta 2001, ki so bili zbrani za potrebe testiranja prvotne aplikacije za zgodnjo napoved pridelka. Testni podatki so vsebovali 14 različnih nasadov, doseženi rezultati pa so bili dobri, v povprečju smo detektirali 88 % vseh jabolk na slikah, pri čemer je bila povprečna natančnost določitve premera detektiranih jabolk 84,4 %. Tudi povprečna natančnost napovedi pridelka je bila zadovoljiva, saj je dosegala 72,7%. Podrobnosti napovedi lahko vidimo na sliki 8.



Slika 8: Rezultati napovedi pridelka za 14 nasadov z metodo, razvito v okviru projekta.

Doseženi rezultati so presegali tiste iz izhodiščnega algoritma, zato smo v začetku leta 2024 nadaljevali z razvojem mobilne aplikacije za zajem slik. Aplikacija je bila razvita za Android mobilne telefone, saj so ti najbolj razširjeni med potencialnimi uporabniki. Aplikacija se je povezala s sistemom DigiSAD in po vpisu je uporabnik lahko izbral med izbranimi nasadi za vodenje evidence, glej sliko 9.



Slika 9: Povezava mobilne aplikacije s sistemom DigiSAD in izbira nasada za zajem slik.

Aplikacija je zajemala slike z resolucijo 3 mp ali velikostjo 1733x2310 pikslov, kar pomeni, da so slike, ki jih je potrebno prenesti velikosti med 2 do 3 MB. Pri preizkusih se je pokazalo, da zna biti to na terenu problem zaradi slabe internetne povezave. Zaradi tega smo se odločili, da lahko uporabnik slike vzame tudi iz zbirke slik na telefonu, kar mu omogoča, da lahko slike prenese naknadno na strežnik, ko pride na območje z dobro internetno povezavo, ali kar od doma.

Aplikacijo smo testirali v drugi polovici leta 2024, in v test vključili na 188 nasadov. Testiranje smo izvedli na 10 sortah jablan: 'Gala', 'Carjevič', 'Pinova', 'Elstar', 'Evelina', 'Idared', 'Zlati delišes', 'Braeburn', 'Fuji' in 'Jonagold' in ga izvedli v različnih razvojnih fazah plodov. Ugotovili smo, daje v trenutni razvojni fazi aplikacije njena natančnost napovedi pridelka v povprečju 88 %, pri čemer smo najslabše rezultate dosegli pri sorti 'Fuji' (77,8 %), najvišjo pa pri sorti 'Idared' (98,6 %). Kar se tiče natančnosti določitve premera plodov smo v povprečju

dosegli 86,7 % natančnost, pri čemer smo najnižjo natančnost dosegli pri sorti 'Idared' (le 68,5 %). V primeru te sorte so bili izmerjeni parametri plodov drugačni od pričakovanega premera, ki smo ga dobili s pomočjo rastne krivulje. Pri ostalih sortah je bila dosežena natančnost veliko višja in je znašala okoli 90 %. Prav tako čas med doseženim T-stadijem plodov in datumom zajema slike ni vplival na natančnost rezultata, vplival pa je na natančnost napovedi pridelka, ki se je postopoma izboljševala s približevanjem optimalnega roka obiranja. V povprečju smo pri določanju premera plodov dosegli 72,7 % natančnost, smo pa ugotovili težave z zagotavljanjem zanesljivosti detekcije referenčnega objekta, saj je bil preveč občutljiv na svetlobne pogoje. Zaradi tega smo v letu 2025 zamenjali referenčno žogico z drugo, pri kateri se je zanesljivost detekcije presegla 93 %. V letu 2025 smo izvedli tudi dva poskusa z nasadoma sort 'Gala' in 'Zlati delišes', pri katerih smo dosegli 91 % natančnost detekcije jabolk, pri kateri smo premere določili z 93,8 % natančnostjo. Pri napovedi pridelka pa smo dosegli zgolj 67 % natančnost. Ocenjujemo, da je bil pridelek nadpovprečen, zaradi česar rastne krivulje pri tej sorti niso bile najbolj zanesljive. Pri 'Zlatem delišesu' smo ob slabih pogojih (veliko jabolk je bilo zakritih z listjem) dosegli 83,8 % natančnost detekcije plodov, pri čemer je bila natančnost določitve premera detektiranih jabolk 89,9 %. Natančnost napovedi pridelka je bila 84,17 %. V obeh primerih je model napovedal nižji pridelek od dejanskega.

2.2 Nedestruktivne metode določanja zrelosti pridelka

V Sadjarskem centru Maribor v Gačniku je v letih 2023 do 2025 potekalo testiranje uporabnosti izbranih nedestruktivnih orodij za določanje zrelosti jabolk. Kot velikokrat izpostavljeno sta določevanje kakovosti plodov in napovedovanje optimalnega roka obiranja sta ključna in aktualna strokovna izziva v sadjarstvu. Določanje obiralnega okna zajema določanje stopnje zrelosti, saj ta vpliva na kakovost in skladiščni potencial pridelka.

Cilj naloge je bil preveriti uporabnost dveh nedestruktivnih metod (»DA-meter«, »NIR spektrometer«) za uporabo v širši sadjarski praksi. Izhodišče dela z izbrano opremo je predstavljalo preverjanje oz. zaznavanje sprememb v parametrih zrelosti in kakovosti pridelka med zorenjem. V nadaljevanju je bil cilj preveriti jakost korelacij med vrednostmi, ki jih ponudita merilna instrumenta z znanimi in na destruktivni način določenimi vrednostmi parametrov zrelosti in kakovosti in v končnem koraku preverjanje jakosti korelacij med rezultati meritev in omenjanimi parametri.

Nedestruktivne metode za določanje kakovosti plodov imajo lahko velik potencial v praksi, saj so enostavne za izvedbo in v procesu testiranja ne poškodujejo plodov. Nedestruktivno določeni parametri »zrelosti« na površini plodov (barva kože, klorofil v kožici) bi lahko omogočili določanje optimalne zrelosti pri preučevanih kombinacijah sorta/podlaga in bili v korelaciji s parametri notranje kakovosti pridelka.

Zorenje pri jabolkih temelji na aktivnosti hormona etilena, ki povzroči razkroj klorofila, mehčanje plodov ter doseganje značilne arome in okusa. Jabolka so klimakterično sadje, za katero je značilno hitro povečanje proizvodnje etilena in krati celičnega dihanja do klimakteričnega maksimuma, kateremu znova sledi zmanjšanje aktivnosti dihanja (Dixon in Hewett, 2000). Nekatere študije so pokazale, da je lahko določanje vsebnosti klorofila in drugih parametrov, izmerjenih in določenih s pomočjo optičnih spektrov, orodje za določanje optimalnega roka obiranja jabolk. Standardne destruktivne metode (Pimprenelle, škrobni indeks, meritev TSS...) zagotavljajo zanesljive rezultate, vendar so zamudne, temeljijo na manjšem številu testiranih plodov in ob tem uničijo vzorec. Nedestruktivne metode, ki temeljijo na spektrometričnih meritvah (npr. vsebnost klorofila), omogočajo hitro in ponovljivo merjenje izbranih parametrov (kakovosti) brez poškodb plodov in ob ponovitvah meritev na individualnih plodovi tudi sledenje dinamike sprememb ter v nadaljevanju tudi izdelavo napovednih modelov sprememb.

V okviru projekta smo v letih 2023 do 2025 testirali orodja VDA meter, dodatno v letu 2025 pa dodali še orodje, ki temelji na NIR spektrometriji. V tem letu se je izvajalo vzporedno merjenje z dvema različnima metodama za določanje optimalnega časa zorenja jabolk na nedestruktiven način, uporabnost podatkov pa je bila preverjana s klasičnim destruktivnim testiranjem na Pimpernelle. Cilj projekta je bil ovrednotiti uporabnost komercialno dostopnega DA metra in NIR spektrometra za napovedovanje obirnega okna in ugotoviti jakost povezav med nedestruktivno določenimi vrednostmi parametri ter rezultati destruktivnih analiz testiranja zrelosti.

Prednosti nedestruktivnih metod in trditve proizvajalcev opreme:

- Nedestruktivna (ne poškoduje plodov),
- Hitra in enostavna za uporabo na terenu,
- Omogoča oceno zrelosti brez potrebe po laboratorijski analizi.

Utemeljitev izbire DA-metra

Pri DA-metru spektrometrične meritve temeljijo na meritvah koncentracije klorofila v kožici (in mesu ploda). Z indeksom, ki temelji na vsebnosti klorofila, pa lahko dobimo uporabne informacije o trdoti mesa plodov in, po mnenju proizvajalca, tudi vsebnosti suhe snovi. Proizvajalec navaja, da količina klorofila natančno kaže na zrelost sadja, kar je trditev, ki je bila v poskusu natančno preverjana.

DA-metoda:

Več raziskav se osredotoča na uporabo DA-metra za merjenje zrelosti plodov na drevesu ali takoj po obiranju, za razlikovanje med zrelostjo po obiranju in/ali po skladiščenju kot način za ločevanje sadja v tržno pomembne kategorije kakovosti (Scalisi z sod., 2021; DeLong z sod., 2020) in določanja t.i. »užitne zrelosti«. DA-meter za meritve jabolk je ustvaril nekdanji Oddelek za sadjarstvo in gozdarstvo Univerze v Bologni (Turoni, Italija). Oprema omogoča določanje stopnje zrelosti, ki jo dosežejo plodovi, in določa nov **indeks zrelosti**, »indeks razlike absorpcije« (IAD), ki je povezan z emisijo etilena v plodovih in razgradnjo vsebnosti klorofila (Costamagna z sod., 2013; Peifer z sod., 2018). DA-meter meri razliko v absorbanci med dvema valovnima dolžinama (A670 nm, A720 nm) blizu zgornjega absorpcijskega vrha klorofila a*, ki se nato uporabi za izračun indeksa razlike v absorbanci (Torres z sod., 2018; DeLong z sod., 2020; Wang z sod., 2021).

DA meter meri indeks razlike v absorpciji (IAD), ki odraža vsebnost klorofila-a v kožici in razvoj etilena med zorenjem ploda. Za vsako sorto je mogoče razviti specifičen DA indeks. Splošna priporočila za dolgoročno skladiščenje jabolk so vrednosti DA indeksa med 0,60 in 0,70, medtem ko so ciljne vrednosti okoli 0,35 primerne za kratkotrajno skladiščenje. Analize smo izvedli za sorte: 'Galaval', 'Evelina', 'Zlati delišes', 'Topaz', 'Jonagold' in 'Bonita'. V našem primeru še vedno raziskujemo ustrezne vrednosti indeksa IAD za standardne sorte, pridelane v Sloveniji. Literatura navaja, da so za sorto 'Honeycrisp' priporočene vrednosti indeksa od 0,59 do 0,36, kar določa "začetni" in "končni" datum za dolgoročno skladiščenje jabolk (DeLong s sodelavci, 2014). Možno je, da ne bomo uspeli določiti standardnih indeksov za vse sorte, saj so letine izjemno specifične in se vsaka pridelovalna sezona sooča z različnimi okolijskimi in pridelovalnimi izzivi. Raziskave še potekajo, z namenom oceniti uporabnost teh metod znotraj različnih sort in pridelovalnih regij.

Interpretacija rezultatov:

Napravo DA meter postavimo na površino jabolka, običajno na sredino ploda (plodove predhodno označimo, da se meritve izvajajo vedno na istih plodovih). Senzor naprave oddaja svetlobo določenih valovnih dolžin, ki jo klorofil v plodu absorbira. Naprava meri razliko med vstopno in izstopno svetlobo v spektru 670-720 nm (diferencialna absorpcija) in izračuna klorofilni indeks (DA vrednost). Višje DA vrednosti pomenijo večjo

vsebnost klorofila, kar običajno nakazuje nezrelost plodov. Nižje DA vrednosti nakazujejo manjšo vsebnost klorofila, kar nakazuje aktivnost etilena, hormona zorenja.

Utemeljitev izbire NIR spektrometra - Sunforest H-100F

Merjenje suhe snovi (ang. *dry matter*) v plodovih s pomočjo NIR-spektroskopije (Near Infrared Reflectance) temelji na merjenju odboja bližnje infrardeče svetlobe od površine ploda. Svetloba v NIR območju (valovne dolžine približno 700–2500 nm) prodre nekaj milimetrov v tkivo ploda, kjer se delno absorbira in delno odbije glede na kemično sestavo tkiva. Ker različne sestavine (npr. voda, sladkorji, škrob, organske kisline) različno absorbirajo NIR svetlobo, lahko naprava na podlagi spektrov odboja izračuna vsebnost suhe snovi – torej delež mase, ki ostane po odstranitvi vode. Večja vsebnost suhe snovi navadno pomeni več sladkorjev (Brix), saj sladkorji predstavljajo pomemben del suhe snovi.

Dejstvo:

- Ko plod zori, se povečuje delež sladkorjev in s tem tudi suha snov.
- Zato je meritev suhe snovi z NIR pogosto uporabljen podatek kot posredni »kazalnik zrelosti plodov« na način, da višja kot je izmerjena »suha snov«, slajši in zrelejši je plod (interpretacija proizvajalca opreme).

Sunforest H-100F (opcija NIR) je, po besedah proizvajalca opreme, namenjen meritvam parametrov kakovosti za jabolka, hruške, breskve, pomaranče ipd. Naprava »napoveduje« vsebnost suhe snovi in jo podaja v Brix°, kar naredi z meritvijo svetlobne absorpcije/refleksije osvetljenega ploda v NIR-spektru, brez da bi plod poškodovala. Da bi bila meritev zanesljive, je ključna kalibracija za posamezno sorto, način pridelave, stanje ploda (čistost kože, barva, morebitne poškodbe, debelina kože ipd.). Glavni prikazni/izmerjeni parametri so: Brix (topna suha snov, %).

Izvedba meritev

V letih spremljanja primerjave metod za določanje obiralnega okna je bilo v spremljanje vključenih več sort, ki so v nasadih najpogostejše zastopane. V letu 2025 je bilo izvedeno vzorčenje parametrov zrelosti (topna suha snov, trdota plodov, skupne titracijske kisline in škrob) ter merjenje vsebnosti klorofila z napravo DA meter na različnih sortah jabolk: 'Galaval', 'Zlati delišes', 'Jonagold Daliryan', 'Evelina', 'Bonita' in 'Topaz'. Meritev topne suhe snovi (TSS, izražene v °Brix), trdote mesa plodov (kg/cm²) in skupnih titracijskih kislin (STK, g/L) smo izvedli z strojem Pimprenelle, medtem ko smo škrobni indeks določili vizualno s pomočjo lestvice za oceno obarvanosti škroba na prerezu ploda. Vsebnost klorofila v plodu smo izmerili z napravo DA meter.

Merjenje topne suhe snovi (Brix°) smo izvajali z napravo Sunforest H-100F in vrednosti primerljali s klasičnim destruktivnim merjenjem suhe snovi s pomočjo refraktometra. Naprava izmeri vsebnost topne suhe snovi (Brix°) kjer z meritvijo svetlobne absorpcije / refleksije merimo v NIR-spektru, brez da bi sadje poškodovala. To pomeni, da plodov ne režeš, kot pri destruktivnih metodah. Tudi opremo Sunforest H-100F postavimo na površino ploda jabolka, kjer sama naprava glede na sprožen klik poda podatek izmerjene vrednosti topne suhe snovi, izražene v Brix. Plod jabolka mora bit suh in čist, sicer je ponovitev treba ponoviti.

Rezultati dela zadnjega poročevalskega obdobja in ugotovitve naloge

A) Glede na predstavljene rezultate meritev z DA metodo za različne sorte jabolk v različnih datumih, lahko opazimo naslednje trende napovedi obiranja:

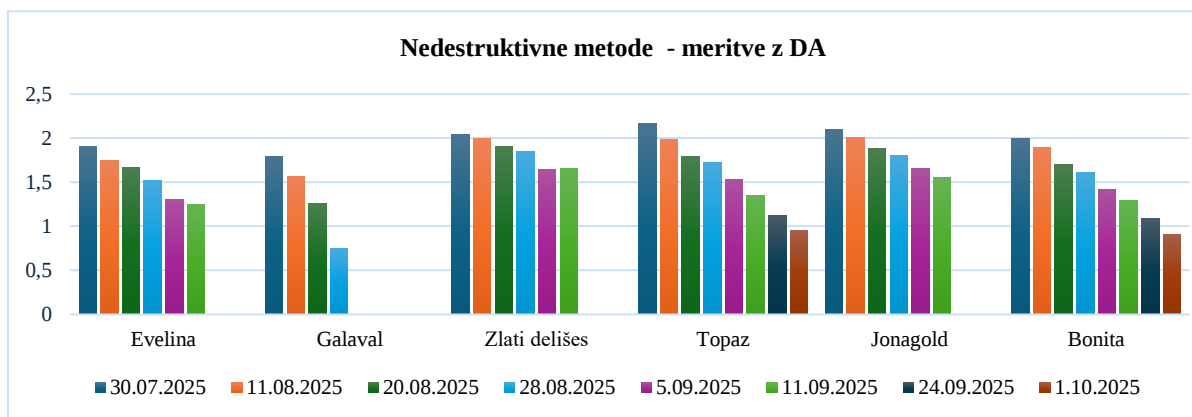
Preglednica 1: Dinamika sprememb DA vrednosti za sorte 'Galaval', 'Zlati Delišeš', 'Jonagold Daliryan', 'Evelina', 'Bonita' in 'Topaz' v letu 2025.

sorta	'Evelina'	'Galaval'	'Zlati delišes'	'Topaz'	'Jonagold'	'Bonita'
Datum meritve						
30.07.2025	1,91	1,79	2,04	2,17	2,10	2,00
11.08.2025	1,75	1,56	2,00	1,98	2,01	1,89
20.08.2025	1,67	1,26	1,90	1,79	1,88	1,70
28.08.2025	1,52	0,75	1,85	1,72	1,80	1,61
05.09.2025	1,30	/	1,65	1,53	1,66	1,42
11.09.2025	1,24	/	1,66	1,35	1,55	1,29
24.09.2025	/	/	/	1,12	/	1,09
01.10.2025	/	/	/	0,95	/	0,91

Iz preglednice 1 je razvidno, da z DA metrom izmerjene vrednosti tekom zorenja padajo, kar je skupno vsem testiranim sortam. V času zorenja namreč zaradi aktivnosti hormona zorenja etilena in posledično encimov klorofilaz koncentracija klorofila v epidermisu pada.

Sorta 'Galaval' je novejša sorta z izrazito rdečo barvo in velikim tržnim potencialom. Obiralno okno je letos nastopilo 28. avgusta 2025, kar smo lahko predvideli tudi z metodo DA meritev.

Sorta 'Evelina' zori v sredini septembra, dva tedna za sorto 'Galaval'. Izmerjene vrednosti ne določajo avtomatsko obiralnega okna. Še vedno je bilo potrebno destruktivno določiti primerno zrelost in s tem povezano vrednost DA meritve in najti smiselno povezavo med njima.



Graf 1: Vrednosti DA meritev v letu 2025 (SC Gačnik).

Pri vseh spremljanih sortah ('Galaval', 'Evelina', 'Zlati delišes', 'Jonagold Daliryan', 'Bonita' in 'Topaz') se od 30. julija dalje opazi konstantno zmanjševanje DA vrednosti, kar kaže na postopno aktivnost hormona zorenja etilena. Nižje DA vrednosti nakazujejo na manjšo vsebnost klorofila, kar posredno nakazuje večjo zrelost pridelka.

Tudi v letu 2025 so meritve DA vrednosti pokazale jasen trend zniževanja pri vseh spremljanih sortah jabolk. Pri sorti 'Galaval' so se spremembe dogajale hitreje, saj je že konec avgusta dosegla nizke vrednosti DA in bila 28. 8. 2025 obrana. Sorte 'Evelina', 'Jonagold' in 'Zlati delišes' so kazale počasnejše spremembe skozi avgust in september, kar potrjuje njihov srednje zgodnji značaj. Sorti 'Topaz' in 'Bonita' pa sta ohranjala višje vrednosti klorofila vse do konca septembra oz. začetka oktobra, kar potrjuje njuno pozno zorenje. Skupno lahko povzamemo, da se sorte med seboj razlikujejo glede na hitrost sprememb/padanja DA vrednosti: 'Galaval' je izrazito zgodnja sorta, 'Evelina', 'Jonagold' in 'Zlati delišes' srednje pozne, medtem ko sorti 'Topaz' in 'Bonita' sodita med pozne sorte. Vrednosti, izmerjene z DA, so torej zelo sortno specifične.

Skozi vsa leta izvajanja tovrstnih poskusov smo ugotovili, da vrednosti, dobljene z DA metrom, same po sebi težko pravilno napovejo optimalni rok obiranja, so pa lahko v izjemno veliko pomoč kot opozorilo, ki da podatek o intenzivnosti sprememb v pridelku in omogoči pravočasni začetek destruktivnega spremljanja parametrov zrelosti pridelka.

V letu 2025 so bile dodatno izračunane korelacije med DA vrednostmi ter izbranimi parametri zrelosti. Prikazane so v preglednicah 2 do 7.

Preglednica 2: Pregled korelacij merjenih vrednosti DA metra v primerjavi s podatki, pridobljenimi s klasičnim destruktivnim določanjem parametrov zrelosti (Pimprenelle) za sorto 'Galaval' v letu 2025.

	DA
TSS	0,193176
TRDOTA	-0,28455
ŠKROBNI INDEKS	0,290748

Iz preglednice 2 je razvidno, da so korelacije med izmerjenimi DA vrednostmi in klasično določenimi parametri zrelosti pri sorti 'Galaval' niso jasne. Pri tej sorti zaenkrat napoved zrelosti na osnovi DA meritev ni možna.

Preglednica 2.3: Pregled korelacij merjenih vrednosti DA metra v primerjavi z destruktivno metodo, uporaba stroja Pimprenelle na sorti 'Evelina' v letu 2025.

	DA
DA	1
TSS	-0,50874

TRDOTA	-0,41611
ŠKROB	-0,50054

Iz preglednice 3 je razvidna srednje močna korelacija med izmerjenim vrednostmi DA in klasično destruktivno določenimi parametri zrelosti, kar ocenjujemo kot vpliv sorte. Korelacije so srednje močne, kar nakazuje potencial uporabnosti DA metode pri tej sorti za napovedovanje dinamike zorenja plodov. Zelo obetajoč je rezultat srednjemočna negativna korelacija med DA metrom in vrednostjo škrobnega indeksa ter vsebnostjo suhe snovi; med zorenjem se koncentracija klorofila v povrhnjici plodov zmanjšuje, škrobni indeks in vsebnost suhe snovi pa naraščata.

Negativna korelacija med DA vrednostmi in vsebnostjo suhe snovi ter vrednostjo škrobnega indeksa je logična, ni pa logična negativna povezava med DA vrednostmi in trdoto mesa plodov; trdota ob zorenju pada, prav tako koncentracija klorofila.

Preglednica 2.4: Pregled korelacij merjenih vrednosti DA metra v primerjavi z destruktivno metodo , uporaba stroja Pimprenelle na sorti 'Daliryan' v letu 2025.

DA	
DA	1
TSS	-0,09701
TRDOTA	-0,06887
ŠKROB	-0,11681

Ugotavljamo, da je pri sorti 'Daliryan' povezave med DA vrednostmi in klasično umerjenimi parametri zrelosti ni.

Preglednica 2.5: Pregled korelacij merjenih vrednosti DA metra v primerjavi z destruktivno metodo , uporaba stroja Pimprenelle na sorti Zlati delišes Reinders® v letu 2025.

DA	
DA	1
TSS	0,082467
TRDOTA	0,103277
ŠKROB	-0,19236

Tudi pri 'Zlati delišes Reinders' povezav med DA vrednostmi in klasično destruktivno izmerjenimi parametri zrelosti ne potrdimo.

Preglednica 2.6: Pregled korelacij merjenih vrednosti DA metra v primerjavi z destruktivno metodo , uporaba stroja Pimprenelle na sorti 'Topaz' v letu 2025.

DA	
DA	1
TSS	0,18
TRDOTA	0,55
ŠKROB	0,32

DA vrednost pri sorti 'Topaz' izkazuje šibko do zmerno korelacijo ima zmerno korelacijo s trdoto mesa plodov in škrobnim indeksom. Zelo šibka povezava med DA vrednostjo in škrobnim indeksom je logično pričakovan podatek (intenzivnost klorofila pada ko škrobni indeks narašča), ki se je manj izrazito pokazal tudi pri sorti 'Evelina'. Najpomembnejša in za prakso najbolj potencialno uporabna pa je srednjemočna pozitivna korelacija med trdoto mesa plodov in vrednostjo DA, ki potrjuje razgradnjo klorofila in s tem spremembe osnovne barve kože plodov ob hkratnem mehčanju plodov. Za sorto 'Topaz' se DA meter kaže kot potencialno uporabno orodje za določanje zrelosti pridelka.

Preglednica 2.7: Pregled korelacij merjenih vrednosti DA metra v primerjavi z destruktivno metodo , uporaba stroja Pimprenelle na sorti 'Bonita' v letu 2025.

DA	
DA	1
TSS	-0,06154
TRDOTA	-0,03374

Iz preglednice 7 je razvidno, da DA meter ni primerno orodje za določanje zrelosti plodov pri sorti 'Bonita'.

Čeprav DA meter natančno meri vsebnost klorofila v kožici plodov, je nujno, da rezultate primerjamo z destruktivno določenimi klasičnimi parametri zrelosti, kot so škrobni indeks, trdota mesa plod, topna suha snov (TSS), sladkor (°Brix) in vizualna ocena osnovne barve kože. Optimalne vrednosti DA indeksa za določanje zrelosti se razlikujejo glede na sorto in namen (npr. takojšnja prodaja ali dolgotrajno skladiščenje), zato je pomembno, da odčitke DA-metra kombiniramo z drugimi kazalniki za optimizacijo časa obiranja glede na cilje skladiščenja in trženja. Dolgoročno skladiščenje in ohranjanje kakovosti jabolk zahteva, da se sadje obira ob dobro določenem optimalnem času obiranja (Peirs z sod., 2001a, Rutkowski z sod., 2008). Zato je ustrezna napoved stopnje zrelosti ob obiranju pomembna za določitev poobiranih tehnologij. Glede na preverbo korelacij je jasno, da je datum obiranja še vedno treba določiti z merjenjem klasičnih parametrov zrelosti, DA meter pa lahko služi kot pomembna pomoč, ki jasno nakaže začetek in dinamiko intenzivnosti sprememb, vezanih na aktivnost etilena kot hormona zorenja.

B) SUNFOREST (NIR)

Glede na predstavljene rezultate meritev z SUNFOREST instrumentom za različne ponovitve sorte 'Galaval', lahko opazimo naslednje vrednosti med obema načinoma določanja vsebnosti topne suhe snovi:

Preglednica 8: Primerjava vrednosti suhe snovi (Brix), izmerjene z opremo SUNFOREST (NIR) in s klasičnim testiranjem (Pimpernella) pri sorti 'Galaval' v letu 2025 na lokaciji Gačnik

Obravnavanja	TSS destruktivno (Brix)	NIR (Brix)	Razlika
Vzorec 1	10,97	14,13	3,19
Vzorec 2	9,04	11,36	2,32
Vzorec 3	11,25	14,64	3,93

Naprava Sunforest (NIR) v vseh treh primerih kaže višjo vrednost TSS kot destruktivna metoda; razlika (napaka?) v območju 9 do 11,25 Brix znaša cca 2 – 3 Brix.

To pomeni, da inštrument pravilno zaznava razlike med vzorci, le vrednosti sistematično precenjuje. Destruktivna metoda (refraktometer, laboratorijsko merjenje) predstavlja referenčno, dejansko vrednost TSS (v °Brix), Sunforest (NIR) meri pa posredno, na podlagi spektra odbite svetlobe. Če naprava ni popolnoma umerjena za dotično sorto ali pogoje, lahko naprava preceni vsebnost TSS. Tudi ta naprava ni primerna za neposredno uporabo izmerjenih vrednosti v praksi, ampak kot odločen pokazatelj pričetka aktivnih sprememb v parametrih zrelosti.

Ugotovitve:

1. DA-meter – trendi zorenja

- Pri vseh sortah se je DA vrednost skozi čas zniževala, kar potrjuje zmanjševanje vsebnosti klorofila kot posledica aktivnosti etilena
- Sorta 'Galaval' je zorela najhitreje (DA < 1 konec avgusta; plodovi sort 'Evelina', 'Jonagold' in 'Zlati delišes' so zoreli srednje pozno, plodovi sort 'Topaz' in 'Bonita' pa so zoreli najpočasneje (DA < 1 šele konec septembra).
- Ugotovljeno je bilo, da so optimalne DA vrednosti sortno specifične.

2. Pearsonov koeficient korelacije (2025): Vrednosti DA in klasični način merjenja parametrov zrelosti

- Povezave med DA in destruktivnimi parametri so šibke do zmerne, kar pomeni, da DA indeks ni dovoljšen pokazatelj stopnje zrelosti, temveč ga je smiselno kombinirati z drugimi kazalniki (škrob, trdota, TSS).
- Sorta 'Evelina' je pokazala šibke negativne korelacije (DA – TSS, $r = -0,51$; DA – škrob, $r = -0,50$).
- Sorta 'Galaval' je imela šibke, a smiselne povezave (DA – škrob, $r = 0,29$).
- Sorta 'Topaz' je pokazala zmerno pozitivno povezavo med DA in trdoto ($r = 0,55$) in s tem potencialno uporabnost DA metra za določanje zrelosti

- Pri sortah 'Bonita' in 'Daliryan' metoda zaenkrat ni potencialno uporabna

3. Sunforest H-100F (NIR) – ocena potenciala uporabnosti

- Vrednosti TSS, izmerjene z NIR napravo, so bile višje od destruktivno določenih (v povprečju za +2,9 °Brix).
- relativna razlika vrednosti suhe snovi med vzorci je bila pravilno zaznana, kar potrjuje, da inštrument prepozna trend sprememb in s tem dinamiko zorenja, vendar zahteva kalibracijo za posamezno sorto.

Sklepi in priporočila:

- DA meter je uporabno orodje za sledenje trendom zorenja, vendar zahteva kalibracijo po sortah.
- Sunforest NIR pravilno zaznava trende TSS, vendar vrednosti sistematično precenjuje; potrebna je dodatna umeritev za posamezne sorte in pogoje.
- Najbolj smiselna je kombinacija obeh nedestruktivnih metod z izbranimi destruktivnimi parametri (npr. Streifov indeks zrelosti) za določitev optimalnega časa obiranja.
- Nadaljnje delo bo usmerjeno v razvoj sortno specifičnih referenčnih vrednosti DA indeksa (IAD) za sorte, ki so v slovenskem sadnem izboru, upoštevajoč pridelovalne razmere ter digitalno beleženje rezultatov v sistemu e-evidenc.

Pridobljeni rezultati potrjujejo uporabnost nedestruktivnih metod pri spremljanju zrelosti jabolk in nakazujejo potrebo po nadaljnjih kalibracijah in širši validaciji po sortah in regijah. Razviti pristopi prispevajo k večji natančnosti določanja optimalnega časa obiranja in k ohranjanju kakovosti jabolk v skladiščanju.

2.3 Sistem za RTK pozicioniranje (digitalno orodje 'e-poljina')

V poskusnem sadovnjaku KIS na Brdu pri Lukovici so na pomlad v letih 2023, 2024 in 2025 potekali poljski poskusi za namen postavitve digitalnega sadovnjaka. Tako imenovani e-sadovnjak bi služil kot primer digitalnega dvojčka v modernem, intenzivnem nasadu jablan. Za napravo digitalnega sadovnjaka smo si zamislili digitalno pozicioniranje vsakega individualnega drevesa v nasadu in tako zabeleženemu drevesu pripisati njegovo fiziološko stanje, ki bi v nadaljevanju vodilo do potrebnega, individualnemu drevesu primerne tehnološkega ukrepa. Pozicioniranje individualnih dreves ter digitalno zaznavanje fiziološkega stanja (cvetenja) dreves smo zaupali Fakulteti za strojništvo (FS) Univerze v Ljubljani, sadjarski del tega projekta pa je potekal v sadovnjaku na Brdu pri Lukovici.

Namen poljskih poskusov je bil:

- (1) dokazati pomen selektivnega škropljenja dreves v primeru aplikacije rastlinskih bioregulatorjev, in
- (2) asistirati Fakulteti za strojništvo (FS) v Ljubljani pri postavitvi digitalnega orodja za napravo selektivnega pršilnika.

Selektivni pršilnik bi v okolju digitalnega sadovnjaka bil sposoben škropiti jablane avtomatizirano, na podlagi fizioloških potreb posameznega drevesa (poročilo ki se nanaša na delo FS v zvezi z napravo selektivnega pršilnika v posebnem razdelku spodaj). Poljski poskusi so bili potrebni, da izkažemo pomen selektivnega, na individualnem drevesu prilagojenega škropljenja sredstev za redčenje plodičev jablane in sredstev za izboljšano formiranje cvetnega brstja jablane. Z individualnim pristopom škropljenja k posameznemu drevesu v vrsti, bomo lahko bolj pravilno uporabljali, predvsem pa zmanjšali uporabo rastlinskih bioregulatorjev in foliarnih gnojil, saj bo uporabljen

kriterij škropljenja/neškropljenja glede na ocenjeno obilnost cvetnega nastavka posameznega drevesa. Predpostavka temelji na predvidevanju, da drevesa z malin rodnim nastavkom ne potrebujejo kemičnega redčenja, niti ne potrebujejo nanosa sredstev za izboljšano formiranja cvetnega brstja. Škropljenje sredstev za redčenje plodičev na malo rodna drevesa le tem celo škoduje ter nepotrebno zmanjšuje pridelek kakovostnih plodov. Nanos sredstev za pospeševanje cvetenja na malo rodna drevesa lahko vpliva na preveliko formiranje cvetnih zasnov, kar v nadaljevanju naslednjih let vodi v poudarjeno izmenično rodnost jablane.

Triletni poljski poskus je bil nastavljen v nasadu na Brdu pri Lukovici, kjer smo v petih vrstah Jonagolda/M.9 vsako leto prešteli število socvetij za posamezno drevo. V eni (srednji) vrsti smo škropili (selektivno) le tista drevesa, ki po kriteriju obilnosti cvetenja potrebujejo škropljenje z bioregulatorji, v dveh vrstah smo škropili po starem načinu škropljenja, torej homogeno brez izklapljanja škropilnice pri posameznih drevesih, dve vrsti pa sta ostali neškropljeni. V pomladanskih mesecih smo v srednji vrsti nasada izvedli selektivno škropljenje vseh tistih dreves, katera so imela več kot 80 socvetij na drevo, iz programa škropljenja pa izpustili slabo cvetoča drevesa z manj kot 80 socvetji na drevo. Drevesa smo za namen poskusa škropili s traktorskim pršilnikom, vendar je vklapljanje in izklapljanje šob potekalo ročno. Škropljenje smo izvajali 6x: prvič za namen uporabe sredstev za redčenje (Exilis, ob velikosti plodičev 10 mm) in ostalih pet škropljenj za namen pospeševanja cvetenja (Obsthormon, 5 škropljenj v enotedenskih razmikih v mesecu juniju). Konec septembra je sledilo obiranje poskusnih vrst in vrednotenje pridelka po količini in velikostnih razredih. Na pomlad vsakega naslednjega leta smo ta istim drevesom prešteli socvetja, kar nam služi za oceno povratnega cvetenja in s tem ocenjen indeks alternativne rodnosti jablan. Za izračun indeksa alternativne rodnosti bomo še morali popisati/prešteti cvetenje poskusnih dreves v pomladi 2026. Za oceno smiselnosti selektivno izvedenega škropljenja prilagam podatke iz let 2023 in 2024.

Preglednica 9: Začetno število socvetij in pridelek malo (M) in visoko (V) cvetočih dreves v programu standardnega (neselektivnega) škropljenja sredstev za redčenje plodičev v primerjavi s kontrolnimi (neškropljenimi) drevesi v poskusu DIGISAD 2023.

	Obravnavanje	Št. socvetij na drevo 2023	Pridelek Kg/drevo	Št. plodov >70 mm/drevo	Št. plodov <70 mm/drevo
Malo cvetoča drevesa (M) (< 80 socv./dr.)	Standardno škropljenje /redčenje	23 A*	3,8 A	13 A	11 A
	Brez škropljenja	26 A	2,7 A	11 A	5 A
Visoko cvetoča drevesa (V) (> 80 socv./dr.)	Standardno škropljenje /redčenje	70 a*	10,4 a	46 a	13 a
	Brez škropljenja	93 b	5,7 b	11 b	27 b

* povprečja obravnavanj označena z enako črko se ne razlikujejo statistično značilno pri P=0,05.

V letu 2023 se je pokazalo, da se pri malo cvetočih drevesih (M) kemično redčenje tega leta ni izkazalo kot nujnost (Preglednica 9). Pridelek kemično redčenih M dreves je po količini in velikostnih razredih ostal enak neredčenim (kontrolnim) M drevesom. To pomeni, da bi M drevesa lahko izostala iz programa kemičnega redčenja plodičev. Pri visoko cvetočih drevesih (V) se je kemično redčenje plodičev izkazalo kot nujno. V programu standardnega škropljenja, se je pri V drevesih močno povečal pridelek komercialnih plodov (>70 mm premera) v primerjavi s kontrolnimi, neredčenimi drevesi. To

dokazuje smiselnost uporabe sredstev za kemično redčenje plodičev na V drevesih, za razliko od M dreves, kjer bi ta program škropljenja lahko izpuščali.

Preglednica 10: Začetno število socvetij in pridelek malo (M) in visoko (V) cvetočih dreves v programu standardnega (neselektivnega) škropljenja sredstev za redčenje plodičev v primerjavi s kontrolnimi (neškropljenimi) drevesi v poskusu DIGISAD 2024.

	Obravnavanje	Št. socvetij na drevo 2023	Pridelek Kg/drevo	Št. plodov >70 mm/drevo	Št. plodov <70 mm/drevo
Malo cvetoča drevesa (M) (< 80 socv./dr.)	Standardno škropljenje /redčenje	58 A	12,9 A	45 A	41 A
	Brez škropljenja	63 A	15,1 A	55 A	43 A
Visoko cvetoča drevesa (V) (> 80 socv./dr.)	Standardno škropljenje /redčenje	121 a	21,1 a	81 a	48 a
	Brez škropljenja	122 a	29,6 a	67 a	70 a

* povprečja obravnavanj označena z enako črko se ne razlikujejo statistično značilno pri P=0,05.

V letu 2024 je bil pridelek na neškropljenih, malo (M) cvetočih drevesih bistveno večji od pridelka kemično redčenih M dreves (sicer statistično neznačilno). To nakazuje na nepotrebnost oz. celo škodljivost kemičnega redčenja M dreves (Preglednica 10). Pri visoko cvetočih drevesih (V) tudi nismo dobili statistično značilnih razlik, čeprav smo pri njih v programu kemičnega redčenja nekoliko izboljšali pridelek komercialnih (>70 mm) plodov in zmanjšali število malih nekomercialnih plodov, vendar oboje statistično neznačilno. Rezultati tega leta ponovno nakazujejo, da bi bilo v programu kemičnega redčenja smiselno izpuščati škropljenje M dreves.

Smiselnost uporabe selektivnega škropljenja dreves smo primerjali tudi pri aplikaciji sredstev za izboljšanje formiranja cvetnega brstja na M in V drevesih. Za tovrstni preizkus, smo merili učinke 5-kratnega junijskega škropljenja z 1-naftilocetno kislino na izražanje povratnega cvetenja v predhodnem letu škropljenih dreves. Za izračun indeksa alternativne rodnosti potrebujemo troletne podatke, kar pomeni da moramo še izmeriti povratno cvetenje v letu 2026 za drevesa škropljena v letu 2025. Celovito obdelavo poskusa z izračunanim indeksom alternativne rodnosti bomo predstavili v strokovnem članku v letu 2026.

V drugem delu naloge smo si zadali napraviti orodja za delovanje avtomatiziranega selektivnega pršilnika, ki bi deloval v okolju digitalnega sadovnjaka. V tem delu raziskave je glavno nalogo prevzela FS. Da bi takšna (selektivna) škropilnica lahko delovala, je potrebno vzpostaviti t.i. e-sadovnjak, kjer bo vsako drevo imelo svojo natančno lokacijo (GPS koordinato ali RFID sistem identifikacije posameznega drevesa) in s strojnim vidom ocenjeno obilnost cvetenja krošnje individualnega drevesa v sadovnjaku. Kmetijski inštitut je asistiral FS pri RTK GPS lokalizaciji dreves ter pri obešanju RFID ključev. Kmetijski inštitut je tudi pomagal pri treniranju modela umetne inteligence (model YOLOv5) za namen digitalne zaznave obilnosti cvetenja.



Slike 9 do 11: Pozicioniranje dreves s pomočjo RTK GPS čitalnika, namestitvev RFID ključa za identifikacijo stebela jablane ter RFID čitalec.

Daljinsko zaznavanje fiziološkega stanja (obilnosti cvetenja) dreves

V obdobju od oktobra 2022 do septembra 2025 smo na poskusnem sadovnjaku Brdo pri Lukovici izvedli večfazni razvoj in testiranje sistema za zaznavo ter avtomatizirano ciljano škropljenje jablan, v okviru katerega smo kombinirali tehnike računalniškega vida za analizo obilnosti cvetenja in tehnologijo RTK GPS in RFID za pozicioniranje in identifikacijo posameznih jablan. Ta kombinacija je bila zasnovana z namenom zmanjšanja porabe škropiv, povečanja natančnosti nanosa škropiva in izboljšanja učinkovitosti dela v sadovnjakih. V ta namen smo kot bistven del postavitve digitalnega sadovnjaka nadaljevali razvoj selektivnega pršilnika, katerega je European patent office v letu 2022 priznala kot patent s popolno preverbo. Problem priznanega patenta je bil relativno slabo pozicioniranje individualnih dreves v nasadu in ne dovolj natančen digitalni vid za namen prepoznavanja obilnosti cvetenja jablan. V tej raziskavi smo najprej poskušali izboljšati pozicioniranje/individualizacijo dreves preko RTK GPS zaznave, kasneje pa z namestitvijo RFID identifikatorjev. Pri zaznavanju obilnosti cvetenja smo prejšnji načini digitalnega vida z uporabo RGB barvnega prostora nadomestili z uporabo umetne inteligence in na ta način napravili osnovo za izboljšano selektivno škropljenje v okolju digitalnega sadovnjaka.

Najprej je bil glavni cilji naloge v tem projektu postavitve, kalibracija in testiranje RTK GPS sistema kot osnove za izdelavo digitalnega dvojčka sadovnjaka, zajem slik cvetenja jablan z nadgrajenim snemalnim sistemom in razvoj umetne inteligence za avtomatsko štetje socvetij. Cilj projekta je bil tudi nadgradnja in integracija pršilnika za avtomatizirano pršenje na podlagi lokacij jablan ter preizkus in primerjava tehnologij RTK GPS ter RFID, s poudarkom na iskanju robustne in stroškovno sprejemljive rešitve za praktično rabo. RTK GPS sistem z bazno postajo je bil nameščen v poskusnem sadovnjaku Brdo pri Lukovici, kar je omogočilo natančno referenco za zajem lokacij posameznih jablan. V fazi postavitve bazne postaje smo upoštevali zahteve optimalnega sprejema signala kot so npr.: odprt pogled na nebo, razdaljo med RTK GPS bazno postajo in pršilnikom, ki je znašala manj kot 10 km ter vpliv struktur v sadovnjaku (protitočne mreže) na kakovost sprejema GPS signala. Za razumevanje omejitev uporabe sistema RTK GPS v sadovnjaku smo pregledali relevantno literaturo in

proizvajalčevo dokumentacijo ter izvedli terenske preveritve kakovosti pozicioniranja pod krošnjami jablan. V literaturi in naših meritvah smo zaznali možnost zmanjšanja kakovosti signala v območjih pod gostimi krošnjami. Zaradi možnosti slabše kakovosti sprejema GPS signala pod krošnjami v sadovnjaku, smo testirali različne višine namestitve GPS antene na pršilniku z željo, da izboljšamo zanesljivost pozicioniranja posamezne jablane. Poleg strojne preučitve smo preverili tudi možnost prenosa korekcijskih podatkov sistema RTK GPS preko GSM omrežja in vgradnjo spominske kartice v avtomatiziran pršilnik. Vgrajena spominska kartica bi omogočila lažji prenos podatkov o posamezni jablani (število socvetij, lokacija) na računalnik. Zajem lokacij dreves s sistemom RTK GPS je bil izveden septembra 2023, pridobljeni podatki pa so bili obdelani in preverjeni ter prilagojeni v obliko, ki omogoča uvoz v pršilnik. Pršilnik smo programsko nadgradili tako, da se v njega lahko uvozi lokacije oziroma GPS koordinate posameznih jablan. Pršilnik v v sadovnjaku v realnem času izračunava razdaljo med trenutno lokacijo in lokacijo posamezne jablane. To smo dosegli z uporabo »Haversine« formule. V praktičnih preizkusih 23. maja in 7. junija 2024 smo spremljali natančnost delovanja škropljenja s pomočjo sistema RTK GPS in odkrili, da je sistem začel pršenje približno 1 meter pred ciljem. To smo upoštevali v krmilni logiki in prilagodili čas sproženja ventilov.

Kljub večkratnim nadgradnjam in preizkusom sistema RTK GPS v sadovnjaku nam ni uspelo zagotoviti popolnoma zanesljivega delovanja ciljnega pršenja jablan, zato smo v četrtem in petem poročevalnem obdobju sklenili preizkusiti tehnologijo RFID kot dodatno metodo zaznavanja lokacije jablane v sadovnjaku. Vsaki jablani smo priredili edinstven RFID ključek, partner KIS pa je pomagal pri namestitvi RFID ključkov na jablane. Leta 2024 smo na pršilnik namestili RFID čitalec kar nam je omogočilo avtomatsko identifikacijo jablan v sadovnjaku. Za izvedbo uspešnega škropljenja smo morali upoštevati še zamik, ki je odvisen od hitrosti traktorja in fizikalno oddaljenostjo med čitalcem in pršilnikom. Razvili smo tudi algoritem, ki dinamično prilagaja čas sprožitve pršenja glede na trenutno hitrost vožnje.

Nadaljnja testiranja RFID, ki so potekala spomladi in poleti 2025 so potrdila, da integracija RFID bistveno zmanjša število identifikacijskih napak v primerjavi s samostojnim RTK GPS ter morebitno možnost, da hibridna uporaba obeh tehnologij (RTK za globalno pozicioniranje in RFID za lokalno identifikacijo) znatno poveča robustnost in zanesljivost sistema za ciljno zaznavanje in škropljenje jablan.

Za spremljanje intenzivnosti cvetenja jablan smo na traktor namestili nadgrajen snemalni sistem, sestavljen iz računalnika »Raspberry Pi 5« in kamere »Raspberry Pi High Quality Camera«. Spomladi 2024 (5., 8. in 10. april 2024) smo izvedli snemanja jablan v treh terminih. S snemanjem v treh terminih smo skušali zajeti različne stopnje odprtja socvetij in oceniti vpliv odprtja socvetij na zanesljivost detekcije intenzivnosti cvetenja s pomočjo računalniškega vida. Za samodejno detekcijo števila socvetij smo uporabili model YOLOv5 in ga dodatno natrenirali na več kot 300 slikah, na katerih so partnerji iz KIS-a predhodno ročno označili socvetja. Model smo nato uporabili na slikah 152 dreves v tretji opazovani vrsti sadovnjaka, kar nam je omogočilo neposredno primerjavo ocene s pomočjo računalniškega vida in ročnega štetja socvetij. Rezultati analize so pokazali, da je skupno število socvetij, ki so bili prešteti ročno 19.272, medtem ko model umetne inteligence pri istem vzorcu jablan preštel 11.679 socvetji. To pomeni, da trenutno model zazna približno 61 % ročnega števila. Čeprav model umetne inteligence sistematično podcenjuje število socvetij, se razlike med drevesi večinoma ujemajo z ročnimi meritvami. Drevesa z večjim številom socvetij imajo praviloma tudi višjo oceno modela. Analiza je tudi pokazala, da model umetne inteligence močno podcenjuje število socvetij na posameznem drevesu, ki cveti zelo bogato (npr. pri ročnih ocenah 151, 212 ali 178 socvetij) jih model umetne inteligence prešteje precej manj. Takšne napake kažejo na potrebo po izboljšanju modela, kar vključuje predvsem dodatno ročno označevanje slik cvetočih jablan posnetih na terenu, s katerimi bi izboljšali model umetne inteligence.

Za namen pozicioniranja posamezne jablane v sadovnjaku predlagamo nadaljevanje razvoja hibridnega sistema, ki združuje sistem RTK GPS in RFID. Pri zaznani intenzivnosti cvetenja jablan z umetno inteligenco pa predlagamo razširitev učnega nabora (dodatne slike cvetočih dreves, posnete iz različnih kotov, v različnih

osvetlitvenih pogojih in pri različnih stopnjah cvetenja) in testiranje naprednejših finih nastavitev modela umetne inteligence, ki bi lahko izboljšali kakovost zaznavanja števila socvetij.

Zaključno lahko ugotovimo, da je projekt CRP DIGISAD naredil pomembne korake k digitalizaciji in avtomatizaciji ciljnega škropljenja v sadovnjakih. Sistem RTK GPS in tehnologija RFID sta omogočila izdelavo digitalnega dvojčka in natančno pozicioniranje posamezne jablane v sadovnjaku. Računalniški vid pa je pokazal obetavne rezultate za hitro oceno cvetenja. Doseženi rezultati tako predstavljajo trdne temelje za nadaljnji razvoj pametnih rešitev v trajnostnem sadjarstvu, saj dokazujejo izvedljivost digitalizacije in njen prispevek k večji učinkovitosti ter zmanjšanju vplivov na okolje.

2.4 Večkriterijski digitalni model za oceno rizikov pri prehodu nasadov v zahtevnejše oblike pridelave

V sklopu projekta je bil razvit večkriterijski model za oceno rizikov prehoda v ekološko pridelavo sadja, pri čemer je bila uporabljena metodologija DEXi. Model temelji na orodju za prepoznavanje rizikov prehoda v ekološko pridelavo sadja, razvitem v sklopu projekta *EIP Okoljski vidiki preusmeritve v ekološko pridelavo sadja*. V tem projektu je bil izdelan model 'preveden' v digitalno različico. Metodologija ima naslednje značilnosti:

1. Kvalitativni pristop

Namesto številskih vrednosti uporablja kvalitativne (besedne) ocene, kot so npr. *slabo, dobro, odlično*. To omogoča modeliranje problemov, kjer kvantitativni podatki niso na voljo ali niso smiselni.

2. Hierarhična struktura

Model je organiziran kot drevo atributov, kjer:

- osnovni atributi predstavljajo vhodne podatke (npr. *vpliv na okolje, stroški*),
- sestavljeni atributi združujejo več osnovnih atributov v višje ravni presoje (npr. *sprejemljivost ukrepa*),
- končni atribut je rezultat presoje (npr. *skupna ocena ukrepa*).

3. Odločitvena pravila

Namesto matematičnih formul se uporabljajo odločitvene tabele, ki določajo, kako se vrednosti atributov kombinirajo. Primer:

Če (vpliv na okolje = nizek) in (stroški = nizki), potem (sprejemljivost = visoka)

4. Transparentnost in razlaga

DEXi omogoča jasno razlago odločitev, saj je mogoče slediti, kako posamezni atributi vplivajo na končno oceno. To je zelo uporabno pri:

- okoljskih presojah,

- ocenjevanju politik,
- participativnem odločanju.

Sam DEXi model za oceno primernosti nasada za prehod na ekološko sadjarstvo ima naslednje atribute.

✦ 1. Splošni podatki o kmetiji in kmetovalcu

Ti atributi zajemajo:

- Velikost kmetije (skupna, v pridelavi, v preusmeritvi),
- Starost kmetovalca (mlajši kmetje so pogosto bolj odprti za spremembe),
- Izobrazba (višja izobrazba lahko pomeni večjo usposobljenost za kompleksne pristope).

📖 Namen: ocena osnovne kapacitete in motivacije za prehod.

✦ 2. Značilnosti tal

- Tip tal (glinasta, peščena, ilovnata),
- pH vrednost (kislá, nevtralna, alkalna),
- Rodovitnost (visoka, srednja, nizka),
- Razpoložljivost vode za namakanje.

📖 Namen: ocena primernosti tal za ekološko sadjarstvo, ki zahteva dobro strukturo in rodovitnost brez intenzivne kemijske podpore.

✦ 3. Podnebne značilnosti

- Temperaturni razpon (letna povprečja, ekstremi),
- Padavinski vzorec (količina in razporeditev),
- Tveganje za pozebo,
- Izpostavljenost vetru.

📖 Namen: ocena klimatske stabilnosti in tveganj, ki vplivajo na uspešnost ekološke pridelave.

✦ 4. Trenutne kmetijske prakse

- Uporaba gnojil, pesticidov, herbicidov (pogostost),
- Upravljanje z organsko snovjo (kompostiranje, zeleni podor, živinski gnoj),
- Prakse zatiranja škodljivcev in bolezni (biološke vs. kemične metode),
- Upravljanje plevela (mehansko, zastiranje),
- Kolobarjenje in pokrovni posevki.

📖 Namen: ocena stopnje pripravljenosti in obstoječih praks, ki so lahko že delno skladne z ekološkimi načeli.

5. Ekonomski vidiki

- Povpraševanje po ekološkem sadju,
- Cenovna premija (dodana vrednost),
- Stroški preusmeritve,
- Razpoložljivost subvencij ali podpore.

☞ Namen: ocena tržne smiselnosti in finančne izvedljivosti prehoda.

☑ Končni atribut: Primernost za prehod na ekološko sadjarstvo

Ta atribut je rezultat kombinacije vseh zgornjih dejavnikov. Lahko ima vrednosti kot:

- Zelo primerna,
- Primerna,
- Pogojno primerna,
- Neprimerna.

Odločitvena pravila v modelu določajo, kako se posamezne kombinacije vrednosti združujejo v končno oceno.

Struktura DEXi modela je v prilogi.

DEXi

16. 10. 2025

Decision rules

Nasad	Sadjar	Tehnologija	Okoljsko	Ocena primernosti ekološka pridelava - preusmeritev
20%	28%	27%	24%	
1 preusmeritev odsvetovana	*	*	*	neprimeren za prehod
2 <=velik rizik	večje tveganje prehoda	*	*	neprimeren za prehod
3 <=velik rizik	*	neprimeren	*	neprimeren za prehod
4 <=velik rizik	*	*	neprimeren	neprimeren za prehod
5 <=srednej velik rizik	večje tveganje prehoda	neprimeren	*	neprimeren za prehod
6 <=srednej velik rizik	večje tveganje prehoda	<=manj primeren	<=manj primeren	neprimeren za prehod
7 <=srednej velik rizik	večje tveganje prehoda	*	neprimeren	neprimeren za prehod
8 <=srednej velik rizik	*	neprimeren	<=manj primeren	neprimeren za prehod
9 *	večje tveganje prehoda	neprimeren	<=manj primeren	neprimeren za prehod
10 *	*	<=manj primeren	neprimeren	neprimeren za prehod
11 majhen rizik	večje tveganje prehoda	primeren	primeren	neprimeren za prehod
12 majhen rizik	manjše tveganje prehoda	*	neprimeren	neprimeren za prehod
13 majhen rizik	manjše tveganje prehoda	neprimeren	primeren	neprimeren za prehod
14 velik rizik: srednej velik rizik	manjše tveganje prehoda	manj primeren	>=manj primeren	veliko tveganje
15 >=velik rizik	manjše tveganje prehoda	manj primeren	manj primeren	veliko tveganje
16 srednej velik rizik	*	manj primeren	primeren	veliko tveganje
17 >=srednej velik rizik	večje tveganje prehoda	manj primeren	primeren	veliko tveganje
18 srednej velik rizik	manjše tveganje prehoda	<=manj primeren	primeren	veliko tveganje
19 srednej velik rizik	manjše tveganje prehoda	primeren	neprimeren	veliko tveganje
20 majhen rizik	večje tveganje prehoda	<=manj primeren	primeren	veliko tveganje
21 majhen rizik	večje tveganje prehoda	manj primeren	>=manj primeren	veliko tveganje
22 majhen rizik	večje tveganje prehoda	>=manj primeren	manj primeren	veliko tveganje
23 majhen rizik	*	manj primeren	manj primeren	veliko tveganje
24 majhen rizik	večje tveganje prehoda	primeren	<=manj primeren	veliko tveganje
25 majhen rizik	manjše tveganje prehoda	<=manj primeren	manj primeren	veliko tveganje
26 velik rizik	manjše tveganje prehoda	primeren	>=manj primeren	srednje tveganje
27 >=velik rizik	manjše tveganje prehoda	primeren	manj primeren	srednje tveganje
28 srednej velik rizik	večje tveganje prehoda	primeren	>=manj primeren	srednje tveganje
29 srednej velik rizik	*	primeren	manj primeren	srednje tveganje
30 majhen rizik	manjše tveganje prehoda	manj primeren	primeren	srednje tveganje
31 >=srednej velik rizik	manjše tveganje prehoda	primeren	primeren	majhno tveganje

Slika 12: Funkcija koristnosti/odločitvena pravila za prehod v zahtevnejše oblike pridelave glede na vrednosti nižje ležečih atributov – končna ocena.

Decision rules

	Odpornost podlage na krvavo uš	Odpornost podlage na phytophthora	Prisotnost erwinije	Prisotnost metličavosti	Zdravstveno stanje
	25%	25%	25%	25%	
1	ne	ne	da	*	slabo
2	ne	ne	*	da	slabo
3	ne	<=srednje	da	da	slabo
4	<=srednje	ne	da	da	slabo
5	ne	*	ne	ne	dobro
6	<=srednje	<=srednje	ne	ne	dobro
7	*	ne	ne	ne	dobro
8	ne	>=srednje	*	ne	dobro
9	<=srednje	srednje	*	ne	dobro
10	<=srednje	>=srednje	da	ne	dobro
11	*	srednje	da	ne	dobro
12	ne	>=srednje	ne	*	dobro
13	<=srednje	srednje	ne	*	dobro
14	<=srednje	>=srednje	ne	da	dobro
15	*	srednje	ne	da	dobro
16	ne	da	*	*	dobro
17	<=srednje	da	da	*	dobro
18	<=srednje	da	*	da	dobro
19	*	da	da	da	dobro
20	srednje	<=srednje	*	ne	dobro
21	srednje	*	da	ne	dobro
22	>=srednje	ne	*	ne	dobro
23	>=srednje	<=srednje	da	ne	dobro
24	srednje	<=srednje	ne	*	dobro
25	srednje	*	ne	da	dobro
26	>=srednje	ne	ne	*	dobro
27	>=srednje	<=srednje	ne	da	dobro
28	srednje	srednje	*	*	dobro
29	srednje	>=srednje	da	*	dobro
30	srednje	>=srednje	*	da	dobro
31	>=srednje	srednje	da	*	dobro
32	>=srednje	srednje	*	da	dobro
33	>=srednje	>=srednje	da	da	dobro
34	da	ne	*	*	dobro
35	da	<=srednje	da	*	dobro
36	da	<=srednje	*	da	dobro
37	da	*	da	da	dobro
38	>=srednje	da	ne	ne	odlično
39	da	>=srednje	ne	ne	odlično
40	da	da	*	ne	odlično
41	da	da	ne	*	odlično

Slika 13: Primer odločitvenih pravil/funkcije koristnosti za zdravstveno stanje nasada.

2.5 Avtonomni mulčer

V okviru projekta DIGISAD je bila ena izmed vzporednih razvojnih nalog usmerjena v preizkušanje koncepta avtonomnega mulčerja kot sestavnega dela digitalnega sadovnjaka. Cilj je bil ovrednotiti možnosti avtomatiziranega in energetsko učinkovitega obvladovanja podrasti v nasadih ter zmanjšati odvisnost od ročnega dela in uporabe klasične traktorske mehanizacije.

V poskusu je kot avtonomni mulčer uporabljen Slopehelper, avtonomni električni agrorobot (slovenski proizvod podjetja PeK Automotive d.o.o., Vrhnika), ki deluje na gosenicah, premore do 14 ur avtonomne obratovalne sposobnosti, zmožen natančne navigacije brez potrebe po GNSS v vseh vremenskih pogojih, ob klancih do približno 42–45°, z močjo vlečnega sistema prek 20 kN, delovna hitrost pa do 10 km/h, opremljen je s senzorji (radarji spredaj, zadaj in po straneh, kamera, vmesni merilniki pospeška), mehanizmom za horizontalno stabilizacijo tovora in raznovrstnimi priključki (mulčerji, strižniki, kosilnice, pršilniki ipd.).

Poljski poskusi so bili izvedeni na poskusni lokaciji Brdo pri Lukovici, kjer smo preučevali zmogljivost avtonomnega mulčerja v medvrstnem prostoru jablan. Testiranja so zajemala:

- natančnost samodejne vožnje po vrsti in manevriranja na obračališčih,
- učinkovitost mulčenja trave in plevelne podrasti,
- spremljanje porabe energije ter potencialnih vplivov na tla in
- oceno varnosti delovanja v bližini dreves in ljudi.

Rezultati so pokazali, da je bil avtonomni mulčer sposoben samodejnega gibanja z uporabo RTK GPS navigacije, pri čemer je bilo odstopanje od predvidene vozne linije zadržano v okviru ± 5 cm. Kakovost mulčenja je bila primerljiva z običajnimi traktorskimi mulčerji, ob nižji porabi energije in brez negativnega vpliva na zbitost tal,

saj gre za kompaktnjšo in lažjo enoto. Med ključne prednosti uvrščamo zmanjšanje potreb po delovni sili, izboljšanje varnosti pri delu in možnost integracije z drugimi avtonomnimi napravami ter senzorji v digitalnem sadovnjaku.

Obenem so bili identificirani tudi izzivi, predvsem zanesljivo zaznavanje ovir, zagotavljanje stalne povezljivosti ter interoperabilnost z različnimi digitalnimi platformami.

Ker gre za enega prvih poskusov uvedbe avtonomnega mulčerja v slovenskih trajnih nasadih, lahko ugotovimo, da predstavlja tovrstna tehnologija pomembno raziskovalno izhodišče, ki bi ga bilo smiselno nadgraditi v prihodnjih projektih. V vmesnem času se je namreč razvoj agrorobotskih sistemov na globalni ravni občutno pospešil. Na voljo je vse več komercialnih rešitev za trajne nasade (sadjarstvo, vinogradništvo, oljkarstvo, pridelava lupinarjev in pečkarjev), ki se lahko medsebojno dopolnjujejo in integrirajo v celovite, robotsko podprte pridelovalne sisteme. Zato ocenjujemo, da bi nadaljnje raziskave morale podrobneje nasloviti vprašanja prilagodljivosti, ekonomike in prenosljivosti tovrstnih avtonomnih robotskih rešitev v širšo prakso trajnostne pridelave.

SKLOP 3: PREIZKUŠANJE, IZOBRAŽEVANJE IN DISEMINACIJA REZULTATOV

Opis dejavnosti/aktivnosti članov projektne skupine v tem sklopu najlažje predstavimo preko dogodkov, zabeleženih v osebnih bibliografijah (COBISS) članov projektne skupine.

Znanstveni prispevki (članki)

- 33) TRAJKOVSKI, Ana, BARTOLI, Jan, LEVSTEK, Tomaž, GODEŠA, Tone, SEČNIK, Matej, HOČEVAR, Marko, MAJDIČ, Franc. Mechanical inter- and intra-row weed control for small-scale vegetable producers. *Agriculture*. 2024, vol. 14, iss. 9, [article no.] 1483, str. 1-14, ilustr. ISSN 2077-0472. <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/9/1483>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: [10.3390/agriculture14091483](https://doi.org/10.3390/agriculture14091483). [COBISS.SI-ID 206591747]
- 34) TIJSKENS, Leopold M. M., SCHOUTEN, Rob E., MCCORMICK, R., UNUK, Tatjana, CAVACO, A. M. Simulating fruit growth and size analysis. V: MAHAJAN, P. V. (ur.), ZUDE-SASSE, M. (ur.), GEYER, Martin (ur.). *Proceedings of the VII International symposium on applications of modelling as an innovative technology in the horticultural supply chain - Model-IT 2023 : Potsdam, Germany June 11-14, 2023*. Leuven, Belgium: ISHS, 2023. Str. 229-235, graf. prikazi. Acta horticulturae, 1382. ISBN 978-94-6261-381-2. ISSN 0567-7572. https://www.actahort.org/books/1382/1382_29.htm. [COBISS.SI-ID 176651779]
- 35) STOPAR, Matej, DONIK PURGAJ, Biserka, HOČEVAR, Marko. Različno cvetoče jablane se različno odzivajo na redčenje plodičev in spodbujanje povratnega cvetenja – potreba po selektivnem pristopu = Different flowering apple trees react differently to fruitlet thinning and flower promotion – a selective approach to tree management is required. V: HUDINA, Metka (ur.). *Zbornik referatov 5. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo : Krško, 17.-18. januar 2024*. 1. elektronska izd. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, 2024. Str. 32-37. ISBN 978-961-91301-6-2. <https://sadjar.si/wp-content/uploads/2024/01/Zbornik-referatov-5-slovenski-sadjarski-kongres.pdf>. [COBISS.SI-ID 186176003]

Strokovni članki in monografije

- 36) DONIK PURGAJ, Biserka. Digitalni sadovnjak prihodnosti, kjer inovacije spreminjajo naše razumevanje kmetijstva. *Kmetovalec : strokovna kmetijska revija*. December 2024, letn. 92, št. 12, str. 6-7, ilustr. ISSN 1318-4245. [COBISS.SI-ID 219648771]

- 37) STAJNKO, Denis, UNUK, Tatjana, TOJNKO, Nina, KOLMANIČ, Simon. Automated procedure for early prediction of apple yield in orchardse [i. e. orchards]. *Glasnik zaštite bilja: glasilo Sekcije za biljnu zaštitu Hrvatskog agronomskog društva*. 2024, vol. 47, br. 5, str. 106-112, ilustr. ISSN 0350-9664. <https://hrcak.srce.hr/clanak/464974>. [COBISS.SI-ID 213267715]
- 38) BERK, Peter, STAJNKO, Denis, PAUŠIČ, Andrej, LEŠNIK, Mario. Effectiveness and environmental effect of alternative weed control in vineyard. *Glasnik zaštite bilja : glasilo Sekcije za biljnu zaštitu Hrvatskog agronomskog društva*. 2025, god. 48, br. 3, str. 68-77, ilustr. ISSN 0350-9664. <https://hrcak.srce.hr/clanak/480150>. [COBISS.SI-ID 234791939]
projekt: No: 33117-17/2023; financer: MKGP

Konference – simpoziji – posveti (objavljeni prispevki)

- 39) STAJNKO, Denis, BERK, Peter, KELC, Damijan, LAKOTA, Miran, RAKUN, Jurij. The Effect of different led lighting on growth of *Eruca sativa* (Mill.). V: KOVAČEV, Igor (ur.), GRUBOR, Mateja (ur.). *Actual tasks on agricultural engineering : Proceedings of the 49th International symposium, Opatija, Croatia, 28th February – 2nd March 2023*. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, 2023. Str. 285-291, ilustr. *Actual tasks on agricultural engineering* (Online). ISSN 1848-4425. [COBISS.SI-ID 144162563]
- 40) UNUK, Tatjana, TOJNKO, Stanislav, LUČIĆ, Damir. *Prepoznavanje kritičnih točk pri preusmeritvi v ekološko pridelavo : predstavitev na posvetu v okviru projekta EIP 16.2 "Okoljski vidiki preusmeritve v ekološko pridelavo sadja, ki je potekala v Hočah, 24. 3. 2023*. [COBISS.SI-ID 147253763]
- 41) KOLMANIČ, Simon, TOJNKO, Stanislav, TOJNKO, Nina, STAJNKO, Denis, UNUK, Tatjana. Postopki za avtomatizirano zgodnje napovedovanje pridelka jabolk = Procedures for automated early prediction of apple yield. V: HUDINA, Metka (ur.). *Zbornik referatov 5. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo : Krško, 17.-18. januar 2024*. 1. elektronska izd. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, 2024. Str. 63-69, ilustr., graf. prikazi. ISBN 978-961-91301-6-2. <https://sadjar.si/wp-content/uploads/2024/01/Zbornik-referatov-5-slovenski-sadjarski-kongres.pdf>. [COBISS.SI-ID 181671683]
- 42) KOLMANIČ, Simon, TOJNKO, Stanislav, UNUK, Tatjana, ŽALIK, Borut, MONGUS, Domen. Zmanjševanje uporabe fitofarmacevtskih sredstev v sadjarstvu s pomočjo digitalizacije. V: ŽEMVA, Andrej (ur.), TROST, Andrej (ur.). *Zbornik dvaintridesete mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2023 = Proceedings of the 32nd International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2023 : Portorož, Slovenija, 28. - 29. september 2023*. Ljubljana: Slovenska sekcija IEEE: Fakulteta za elektrotehniko, 2023. Str. 301-304, ilustr. *Zbornik ... Elektrotehniške in računalniške konference* (Online), 32. ISSN 2591-0442. [https://erk.fe.uni-lj.si/2023/papers/kolmanic\(zmanjssevanje_uporabe\).pdf](https://erk.fe.uni-lj.si/2023/papers/kolmanic(zmanjssevanje_uporabe).pdf). [COBISS.SI-ID 167327235].
- 43) KOLMANIČ, Simon, UNUK, Tatjana, TOJNKO, Stanislav, STAJNKO, Denis, TOJNKO, Nina, MONGUS, Domen. Uvedba digitalnih orodij za podporo v procesu odločanja in vodenja evidenc v sadjarstvu. V: *Z umetno inteligenco gradimo svet prihodnosti : 31. konferenca Dnevi slovenske informatike : zbornik : 14. in 15. maj 2024, Kongresni center Bernardin, Portorož*. 1. izd. Ljubljana: Slovensko društvo Informatika, 2024. 2 str. ISBN 978-961-6165-62-4. <https://dsi2024.dsi-konferenca.si/uploads/files/DSI2024zbornik.zip>. [COBISS.SI-ID 198868995]
- 44) BERK, Peter, PAUŠIČ, Andrej, ROŠKARIČ, Mihaela, LEŠNIK, Mario, HOČEVAR, Marko, SEČNIK, Matej. Avtomatiziran proces nanašanja škropilne brozge pri ekološki pridelavi grozdja = Automated process of spray application in the vineyard with an organic production system. V: TRDAN, Stanislav (ur.). *16. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo = 16th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation : izvečki referatov = abstract volume : 5.-6. marec 2024, Bohinjska Bistrica, Slovenija*. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: = Plant Protection Society of Slovenia, 2024. Str. 53-54. ISBN 978-961-96561-0-5. [COBISS.SI-ID 188298499]

- 45) BERK, Peter, STAJNKO, Denis, VINDIŠ, Peter, KELC, Damijan, LAKOTA, Miran, LEŠNIK, Mario, ROŠKARIČ, Mihaela, PAUŠIČ, Andrej, POJE, Tomaž, JEJČIČ, Viktor, HAUPTMAN, Simona, BREZNIK, Marko, SEČNIK, Matej, HOČEVAR, Marko. Automated monitoring of spray dosing process in the vineyard. V: KOVAČEV, Igor (ur.), GRUBOR, Mateja (ur.). *Actual tasks on agricultural engineering : Proceedings of the 50th International symposium, Opatija, Croatia, 11th-13th March 2025*. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Devision of Agricultural Engineering, 2025. Str. 273-281, ilustr. Actual tasks on agricultural engineering (Online). ISSN 1848-4425. https://atae.agr.hr/50th_ATAE_proceedings.pdf. [COBISS.SI-ID [229329667](#)]

Aktivnost v delovnih skupinah

- 46) STOPAR, Matej, HOČEVAR, Marko. *Precision thinning of apple trees according to bloom density : predavanje na Eufirin Fruit Thinning Working Group Meeting, Israel, 21.-23. feb. 2023*. [COBISS.SI-ID [152485123](#)]
- 47) HILLMAYR, Nika, STOPAR, Matej, DONIK PURGAJ, Biserka. *Four years thinning trials with ACC in Slovenia : predavanje na Eufirin Fruit Thinning Working Group Meeting, Alcobaça, Portugal, 27. feb.-1.mar. 2025*. [COBISS.SI-ID [240662787](#)]
- 48) HILLMAYR, Nika, STOPAR, Matej. *Selective, to individual tree adapted spraying of orchards : predavanje na Eufirin Digital Orchard Working Group Meeting, Bolzano, Italy, 21. nov. - 22. nov. 2024*. [COBISS.SI-ID [219942659](#)]

Izobraževanja – prenosi znanja

- 49) Sadjarsko zelenjadarska konferenca (Ljubljana, 14.11.2023). Okrogla miza: »Uporaba pametnih tehnologij v pridelavi sadja in zelenjave v praksi«. T. Unuk, S. Tojnko in S. Kolmanič.
- 50) STAJNKO, Denis. *Different sustainable approaches to land management : [predavanje v okviru] International summer school "ICT in precision agriculture - IPA.UM.SI", University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Hoče, 29. 8. 2024*. [COBISS.SI-ID [206750211](#)]
- 51) KOLMANIČ, Simon, STAJNKO, Denis. *Uspešnost zgodnje napovedi pridelka jabolk s pomočjo YOLO : predstavitev na dogodku z naslovom Dan odprtih vrat sadjarskega centra Gačnik, ki je potekal v Pesnici, 21. 10. 2025*. [COBISS.SI-ID [254329603](#)]
- 52) STAJNKO, Denis, KOLMANIČ, Simon. *Avtomatizirano zgodnje napovedovanje pridelka jabolk : predstavljeno na izobraževalnem dogodku z naslovom "Izboljšanja tehnologije v pridelavi", ki je potekal v Rogaški Slatini, 28. 1. 2025*. [COBISS.SI-ID [225141763](#)]
- 53) UNUK, Tatjana, DONIK PURGAJ, Biserka. *Uporabnost izbranih orodij za nedestruktivno napoved roka obiranja pri jablani : prispevek na dogodku Dan odprtih vrat Sadjarskega centra Gačnik, ki je potekal v Gačniku, 21. 10. 2025*. [COBISS.SI-ID [255006467](#)]
- 54) UNUK, Tatjana, TOJNKO, Stanislav, TOJNKO, Nina in KOLMANIČ, Simon. Digitalno orodje za poenostavljeno in poenoteno vodenje evidenc v sadjarstvu. Lombergarjevi dnevi 19. december 2024.
- 55) Predstavitev rezultatov projekta na dnevu odprtih vrat v Sadjarskem centru Maribor (Gačnik). 21. oktober 2025
- 56) STOPAR, Matej, SEČNIK, Matej, HILLMAYR, Nika, INDIHAR, Eva, KROŠELJ, Saša, HOČEVAR, Marko. *Raziskava selektivnega pršenja v digitalnem sadovnjaku : predavanje Dan odprtih vrat Sadjarskega centra Maribor, 21. 10. 2025*. [COBISS.SI-ID [255183107](#)]

Medijski dogodki

- 57) GERMŠEK, Blaž. Avstralski komercialni sistem za avtonomno škropljenje/zatiranje plevelov. *Germsek.com : novice kmetijstva in biosistemskega inženirstva*. 8. mar. 2023. ISSN 2463-9222. <https://germsek.com/avstralski-komercialni-sistem-za-avtonomno-skropljenje-zatiranje-plevelov/>. [COBISS.SI-ID [147221251](#)]
- 58) GERMŠEK, Blaž. Bayer in Microsoft lansirata orodje za boljšo vizualizacijo podatkov generiranih na kmetijah. *Germsek.com : novice kmetijstva in biosistemskega inženirstva*. 19. mar. 2023. ISSN 2463-9222. <https://germsek.com/bayer-in-microsoft-lansirata-orodje-za-boljso-vizualizacijo-podatkov-generiranih-na-kmetijah/>. [COBISS.SI-ID [147219971](#)]
- 59) GERMŠEK, Blaž. Elektro-kmetijstvo, pozabljena ali nova tehnologija pridelave?. *Germsek.com : novice kmetijstva in biosistemskega inženirstva*. 11. mar. 2023. ISSN 2463-9222. <https://germsek.com/elektro-kmetijstvo-pozabljena-ali-nova-tehnologija-pridelave/>. [COBISS.SI-ID [147220483](#)]
- 60) STOPAR, Matej (intervjuvanec). Slovenska rešitev za pametno in selektivno škropljenje sadnih dreves. *Finance*. 10. jul. 2023. ISSN 1580-4240. <https://agrobiznis.finance.si/agro-hi-tech/slovenska-resitev-za-pametno-in-selektivno-skropljenje-sadnih-dreves/a/9014944?src=undefined>. [COBISS.SI-ID [160975363](#)]
- 61) GERMŠEK, Blaž. Sodobni stroji za precizno kmetovanje. *Kmečki glas*. 10. jul. 2024, leto 81, št. 28, str. 21, ilustr. ISSN 0350-4093. [COBISS.SI-ID [202520323](#)]
- 62) GERMŠEK, Blaž. Kako so in kako bodo nove tehnologije pospeševale kmetijstvo. *Kmečki glas*. 17. jul. 2024, leto 81, št. 29, str. 10-11, ilustr. ISSN 0350-4093. [COBISS.SI-ID [202523907](#)]
- 63) STAJNKO, Denis. Aktualno na področju ohranitvenega kmetijstva : sodelovanje v prispevku v oddaji Ljudje in zemlja na RTV SLO1, 5. 10. 2025. <https://365.rtvlo.si/arhiv/ljudje-in-zemlja/175164445>. [COBISS.SI-ID [251869955](#)]
- 64) STOPAR, Matej (intervjuvanec). Upravljanje s tveganji v sadjarstvu : intervju : 15. posvet sadjarjev, AGRA - Gornaj Radgona, oddaja Ljudje in zemlja, TV Slovenija 1, 21. 9. 2025. <https://365.rtvlo.si/arhiv/ljudje-in-zemlja/175160984>. [COBISS.SI-ID [249830659](#)]