

Upotreba novih tehnologija u voćarskoj i vinogradarskoj proizvodnji

Ferić, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:782839>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-05**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Petar Ferić

Preddiplomski stručni studij Poljoprivreda

Smjer: Vinogradarstvo – Vinarstvo – Voćarstvo

**UPOTREBA NOVIH TEHNOLOGIJA U VOĆARSKOJ I
VINOGRADARSKOJ PROIZVODNJI**

Završni rad

Požega, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Petar Ferić

Preddiplomski stručni studij Poljoprivreda

Smjer: Vinogradarstvo – Vinarstvo – Voćarstvo

**UPOTREBA NOVIH TEHNOLOGIJA U VOĆARSKOJ I
VINOGRADARSKOJ PROIZVODNJI**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Izv.prof.dr.sc. Mato Drenjančević, mentor
2. Prof.dr.sc. Aleksandar Stanisavljević, član
3. Tomislav Soldo, dipl.ing.agr., v.pred., član

Požega, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Završni rad

Preddiplomski stručni studij Vinogradarstvo-Vinarstvo-Voćarstvo

Petar Ferić

Upotreba novih tehnologija u voćarskoj i vinogradarskoj proizvodnji

Sažetak:

U radu se govori o primjeni novih tehnologija u voćarstvu i vinogradarstvu. Napredak voćarske i vinogradarske proizvodnje usko je povezan s tehnološkim napretkom. Tijekom godina vidjeli smo značajna poboljšanja u informacijskim znanostima i tehnologijama, koje su unaprijedile način na koji proizvodimo voće i obrađujemo vinograde. Uz pomoć suvremenih tehnologija voćarska proizvodnja i uzgoj vinove loze mogu se automatizirati do nekada nezamislive razine.

Ključne riječi: nove tehnologije, voćarstvo, vinogradarstvo, informacijske znanosti

29 stranica, 21 grafikona i slika, 26 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomatskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Final work

Undergraduate professional study Viticulture-enology-pomology

Petar Ferić

Use of new technologies in fruit and viticulture production

Summary:

The paper discusses the application of new technologies in fruit growing and viticulture. The progress of fruit and viticulture production is closely related to technological advancements. Over the years, we have seen significant improvements in information sciences and technologies, revolutionizing how we produce fruit and cultivate vineyards. With the help of modern technologies, fruit production and vine cultivation can be automated to a once unimaginable level.

Keywords: new technologies, fruit growing, viticulture, information sciences

29 pages, 21 figures, 26 references

The final work is archived: in the Library of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in the digital repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Primjena tehnologije u rasadničarstvu.....	3
2.2. Primjena tehnologije u navodnjavanju i fertirigaciji	5
2.3. Tehnologija u funkciji oprašivanja	7
2.4. Kontrola korova	10
2.4.1 Uništavanje korova spaljivanjem.....	10
2.4.2. Uništavanje korova zagrijanom pjenom	11
2.4.3. Uništavanje korova vodom pod visokim pritiskom.....	11
2.4.4 Precizna kontrola korova robotskim sistemima	12
2.5. Zaštita od štetočinja	13
2.6. Procjena uroda i kvalitete plodova.....	15
2.7. Upotreba bespilotnih letjelica	17
2.8. Nove tehnologije u preciznom vinogradarstvu	18
2.8.1. Upotreba senzora	18
2.8.2. Satelitska kontrola nasada	18
2.8.4. Proksimalno očitavanje objekata	19
2.8.5 Procjena biofizičkih parametara vinograda i geometrije krošnje	20
2.9. Nove tehnologije u rezidbi.....	21
2.9. Nove tehnologije u berbi.....	22
3. METODE RADA	25
4. ZAKLJUČAK.....	26
5. LITERATURA	27

1. UVOD

Voćarska i vinogradarska proizvodnja uvijek su napredovale zajedno sa svakim novim tehnološkim dostignućem. Prije samo tridesetak godina tehnološka razina u proizvodnji voća i vinove loze bila je niska. Primjerice u proizvodnji jabuka imali smo rijetke sklopove, sadnice cijepljene na jako bujnim podlogama, bez mogućnosti navodnjavanja u sušnim periodima, bez zaštite od mraza ili tuče. Od mehanizacije su se koristili atomizeri, tanjurače, kosilice, freze. Sve pomotehničke i ampelotehničke mjere obavljale su se uglavnom ručno, što je iziskivalo puno radnih sati, a zbog velike lisne mase zaštita od bolesti i štetnika bila je teška, prinosi su bili manji, kao i kvaliteta plodova. Općenito rečeno, sigurnost u proizvodnji bila je na niskoj razini. Brzi razvoj tehnologije u voćarstvu i vinogradarstvu najbolje ćemo predložiti ako za primjer uzmemo proizvodnju jabuka. Sada su sve plantaže jabuka visoko intenzivne, posađene u formama vitkih vretena, uske krošnje, s više od 6000 sadnica po ha. Prinosi su narasli na 80-100 t/ha, sadnice su selekcionirane da rađaju na kratkom rodnom drvetu, kako bi se dobio rodni zid bez velikih grana, kojega će kasnije biti moguće mehanizirati.

Sada svi nasadi posjeduju sisteme za navodnjavanje pogonjene električnom energijom proizvedenom uz pomoć solarnih ploča, hranjiva dodajemo putem fertirigacije, a razinu hraniva u tlu kao i stanje vlažnosti pratimo putem mobilnih aplikacija u realnom vremenu. Nasadi posjeduju meteo stanice sa softverima koji signaliziraju uvjete za nastanak infekcije za svaku pojedinu bolest, uvode se digitalne kamere koje u realnom vremenu prate razvojni ciklus pojedinih štetnika u voćnjaku, kako bi se signalizirao optimalan trenutak za tretiranje. U zaštiti od korova, unutar redova se postavljaju ekološke biorazgradive celulozne folije. Nasadi posjeduju mreže za zaštitu od tuče, te sisteme za zaštitu od mraza. Znatno su unaprijeđeni i alati, te armature u voćnjacima i vinogradima. Danas su farmerima na raspolaganju i online alati za evidenciju i praćenje proizvodnje te kontrolu troškova.

Ipak je najfascinantniji razvoj ostvaren u području uporabe mehanizacije. Danas su od mehanizacije u upotrebi strojevi za automatsku rezidbu, strojevi za mehaničku prorijedu cvjetova, strojevi za podrezivanje korijena, moderne kosilice i rotofreze, samohodne platforme za berbu, strojevi za ekološko uništavanje korova, strojevi lovci mraza.

U tehnološki razvijenijim zemljama, razvojem robotike, dronova i umjetne inteligencije, razvio se i čitav niz novih autonomnih vozila i letjelica, koje sada počinjemo koristiti u proizvodnji. Danas je moguće mapirati sva stabla ili trsove u nasadima, te pratiti njihove fenofaze u realnom vremenu, i na vrijeme reagirati ukoliko proizvodni proces ode u krivom smjeru. Posebni uređaji slikaju raspored, promjer i kutove grana u krošnji voćaka, a fotografije se obrađuju u specijalnom softveru, te su na raspolaganju robotskim uređajima za mehaničku rezidbu.

S razvojem dronova vrlo brzo se pronašla i njihova uloga u proizvodnji, pa tako oni prema konceptu precizne poljoprivrede šalju fotografije visokih rezolucija o stanju svakog stabla ili trsa u nasadu, a dalje se te fotografije analiziraju uz pomoć posebnih algoritama koji donose procijenu o zdravstvenom ili kondicijskom statusu svake biljke ili trsa. Dronovi se koriste i za oprašivanje pojedinih voćnih kultura (jabuke, trešnje) u trenucima kada zbog hladnog, kišnog i vjetrovitog vremena ne lete pčele, te osiguravaju dobru oplodnju i stabilnost proizvodnje. Danas su u funkciji i roboti za oprašivanje kivija. Dronovi se koriste se i za izbacivanje sterilnih mužjaka jabučnog savijača kako bi se smanjila populacija ovog opasnog štetnika. Svakim danom uvode se neke nove funkcije dronova.

Razvoj uređaja za berbu je možda doživio i najveće promjene. Samohodna platforma za berbu voća se već počinje zamjenjivati sa samohodnim robotima za berbu, posebno u proizvodnji jabuka i naranči, a vrhunac je uvođenje “jata” dronova koji vođeni softverom, i prema zadanim uputama od strane operatera, dolaze do plodova, koji su zadani promjerom ili razinom obojanosti, beru plod, i odlažu ga u boks palete.

U budućnosti se planira unajmljivanje dronova za berbu voćarima od strane tvrtki koje će biti specijalizirane za navedene djelatnosti, jer neće biti moguće, a niti isplativo da svi farmeri posjeduju navedene visoko sofisticirane uređaje. Fascinantno je u kojoj mjeri se razvila tehnologija i informacijske znanosti, pa slijedom toga i unaprijedila proizvodnja za nepunih tridesetak godina.

U ovom radu dati ćemo pregled recentnih upotreba modernih tehnologija kroz standardne agro, pomo i ampelotehničke mjere, kao i predviđanje korištenja tehnologija u bližoj budućnosti, a posebno ćemo spomenuti razvoj robotike i umjetne inteligencije, te njihovu primjenu u voćarsko-vinogradarskoj proizvodnji.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Primjena tehnologije u rasadničarstvu

Pravilo da se sade slabo bujne voćke u intenzivnim sklopovima, kako bi se dobili nasadi pogodni za izvođenje automatizirane agro i pomotehnike od strane robotskih sustava, postavilo je pred rasadničare i oplemenjivače zahtijeve za selekcijom sorti voća koje rađaju na kratkom rodnom drvetu, tzv. stupaste sadnice.

Stupasta stabla (Slika 1.) imaju jedinstven oblik rasta koji karakterizira debelo i uspravno deblo, koje na izbojima ima zbijene internodije te nosi kratke rodne izboje, umjesto dužih rodnih grana (Petersen i Krost, 2013.)

Ona omogućuju sadnju i do 10 000 sadnica po ha. Namjera je uspostaviti voćni zid gdje bi širina krošnje bila do 0,3 m, a visina do 3,0 m, što bi kasnije olakšalo sve mehanizirane operacije.

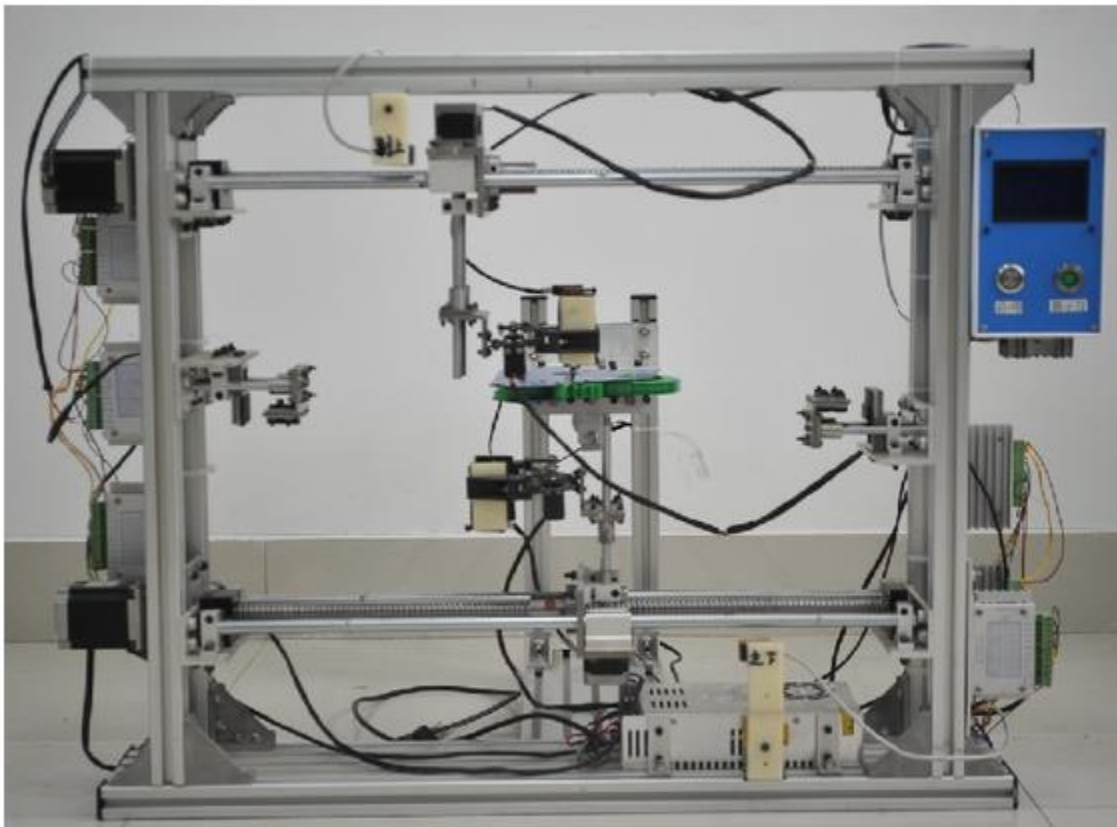


Slika 1. Stupasti sistem jabuka za tržište budućnosti (Izvor: Helmut B. Jacob <https://apples.extension.org/controlling-apple-tree-size-by-horticultural-means>)

Rasadničarska proizvodnja se sa polja polako prebacuje u plastenike i staklenike, gdje imamo mogućnost kontrolirati sve parametre potrebne za razvoj kontejniranih sadnica uz pomoć precizne tehnologije. Ovdje se radi o znatno većoj sigurnosti u proizvodnji, i podizanju kvalitete sadnica.

Rasadničari već uvelike koriste i tehnologije kulture tkiva kako bi proizveli bezvirusni sadni materijal visoke kvalitete.

Sun i sur. (2014) dizajnirali su hardver i softver robota za automatsko cijepljenje voćnih cijepova u zrelo i zaključili su da je uspješno nacijepljeno 43,3% cijepova, prihvatljivo 44%, dok je 12,7% cijepova bilo loše nacijepljeno (Slika 2.).



Slika 2. Robot za cijepljenje podlogu i plemki u zrelo (Izvor: <https://www.hindawi.com/journals/jr/2014/604746>)

In vitro proizvodnja sadnog materijala već je sada standard u proizvodnji sadnica, pogotovo kada je riječ o proizvodnji podloga koje se teže ukorijenjavaju.

2.2. Primjena tehnologije u navodnjavanju i fertirigaciji

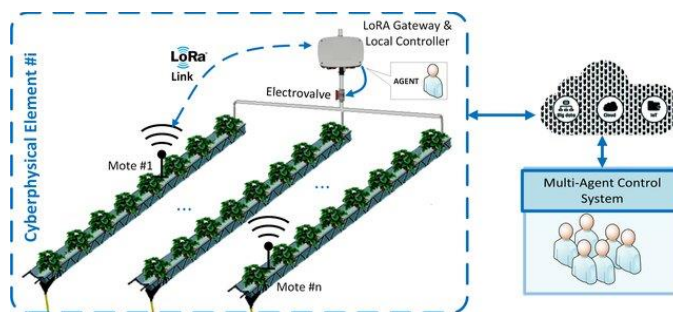
Moderna ishrana bilja je kombinacija precizne gnojidbe i preciznog navodnjavanja, a tehnologija gnojidbe navodnjavanjem kap po kap temelji se na dodavanju hranjivih tvari u točno potrebnoj količini, u svakoj fazi rasta stabla (Fan i sur. 2020.).

Do sada su proizvođači sami intuitivno na temelju vlastitih iskustava donosili kratkoročne i dugoročne odluke o terminima za dodavanje hraniva voćkama, što je u pravilu dovodilo do neoptimalnog korištenja resursa, a posljedično do smanjenja ekonomske dobiti i nepotrebnog rasipanja vode i gnojiva.

U tom kontekstu, mehanizmi podrške odlučivanju koji se temelje na algoritmima umjetne inteligencije i strojnog učenja mogu biti od iznimne važnosti za usmjeravanje odluka uzgajivača i povećanje ukupne učinkovitosti proizvodnog procesa.

Izvedba svih rješenja za automatizaciju navodnjavanja i fertirigacije uz pomoć umjetne inteligencije snažno se oslanja na dostupnost podataka koji mogu biti lokalni i globalni (Rosse i Coelho, 2019.).

Rosse i Coelho (2019.) u svom radu su razmatrali sustav koji bi prikupljao i kontrolirao niz potrebnih podataka u voćnjaku (vlažnost tla, temperatura, sunčevo zračenje, pH tla, el. provodljivost, sadržaj nitrata). Sustav bi posjedovao mrežu različitih senzora raspoređenu po nasadu, koji bi prikupljali navedene podatke u stvarnom vremenu (Slika 3.). Ove informacije bile bi temelj umjetnoj inteligenciji za donošenje odluka prilikom automatizacije cijelog procesa.

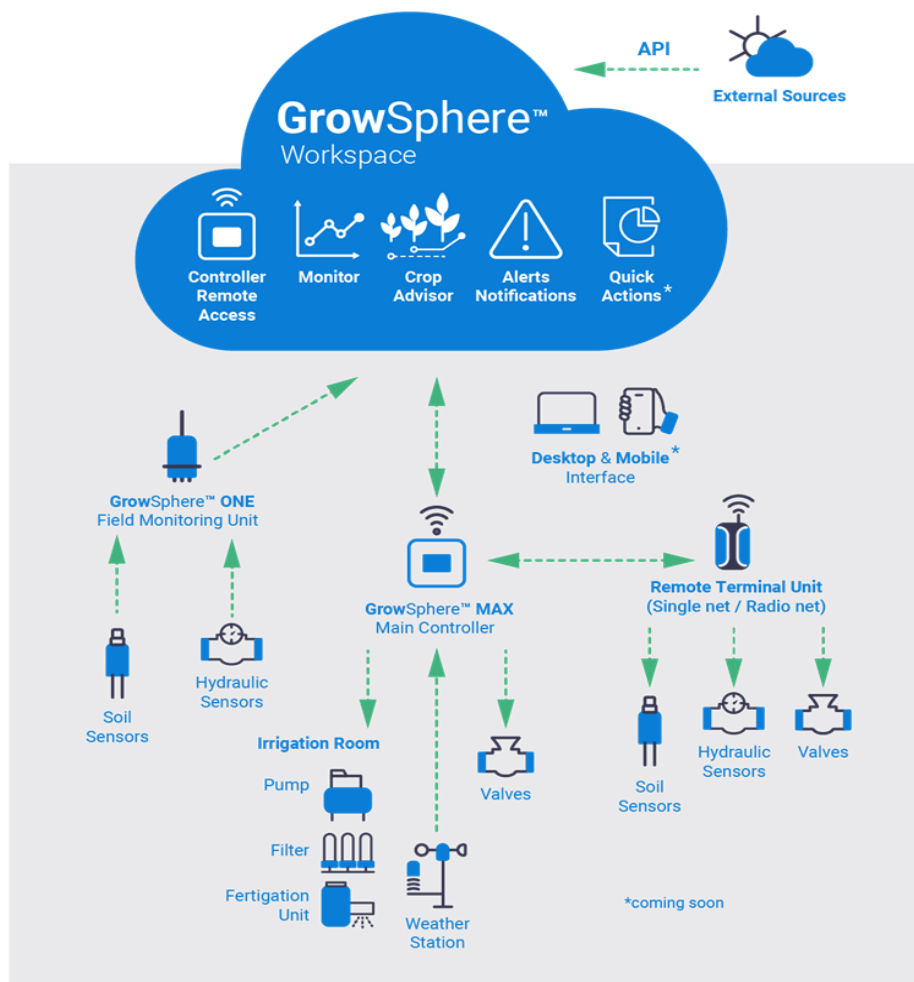


Slika 3. Skica arhitekture za prikupljanje podataka iz nasada (Izvor:

https://www.researchgate.net/publication/334813890_Cyberphysical_Network_Applied_to_Fertigation_Agricultural_Processes/figures?lo=1)

Tvrtka Netafim razvila je prvi operativni sustav za precizno navodnjavanje i fertirigaciju pod nazivom GrowSphere™ (Slika 4.).

To je vrlo jednostavan i intuitivan vizualni radni alat koji farmeru pomaže organizirati i izvršiti planirana navodnjavanja uz jako visoku pouzdanost i uštedu vremena. Proizvođači su sada u mogućnosti daljinski kontrolirati otvaranje i zatvaranje ventila, pratiti status navodnjavanja svojih polja u stvarnom vremenu, primiti pravovremena upozorenja o problemima s navodnjavanjem ili upravljanjem sustavom, te prema potrebi generirati mjesečna izvješća kako bi bili u tijeku (www.netafim.com, 2023).



Slika 4. Ahitektura OS za prikupljanje podataka iz nasada (Izvor: <https://www.netafim.com/en/digital-farming>)

2.3. Tehnologija u funkciji oprašivanja

Proizvođačima voća i uzgajivačima grožđa od izuzetnog značaja je dobra oplodnja, a preduvjet za dobru oplodnju je neometano oprašivanje. Zadnjih godina sve češće se događaju kišna, hladna i vjetrovita proljeća baš u periodu cvatnje, koja onemogućavaju let pčela i uspješnu oplodnju. Sve ovo rezultira velikim gubicima u prinosu.

Danas je moderna tehnologija omogućila učinkovito rješenje ovog problema koristeći se dronovima koji iz zraka i po lošem vremenu mogu rasuti skupljeni polen i tako omogućiti i do 50 % bolju oplodnju. Ovi dronovi mogu u jako kratkom vremenu raspodijeliti polen na veliku površinu (Slika 5.). Korištenje ovih dronova isplativo je za visoko dohodovne voćne kulture poput jabuka ili trešanja. U budućnosti će specijalizirane tvrtke nuditi voćarima uslugu oprašivanja.



Slika 5. Oprašivanje voćaka iz zraka dronom (Izvor: <https://fruitgrowersnews.com/article/new-york-invests-drone-pollination/>)

Dobro oprašivanje ženskih cvjetova kivija posebno je bitno ako se želi dobiti dobar urod kivija, stoga se upravo u proizvodnji kivija razvio i prvi robot namijenjen oprašivanju. Robot za oprašivanje kivija izrađen je od pet sustava sa sedam dijelova, koji su mogli odabrati odgovarajuće cvjetove i zatim usmjeriti polen na njihov tučak, za postizanje preciznog oprašivanja (Gao i sur., 2023.).

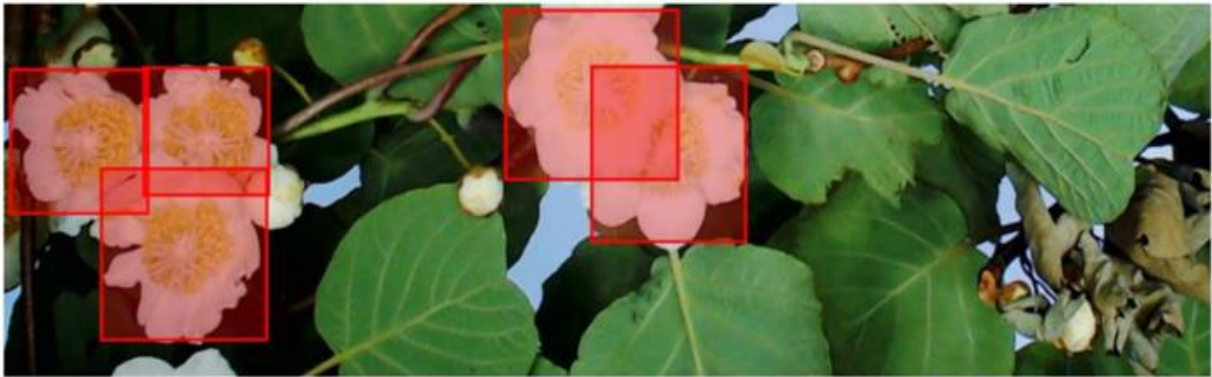
Robotski sustav za oprašivanje može detektirati 89,3% cvjetova, točno lokalizirati 71,9% cvjetova i pogoditi procijenjenih 80,1% tijekom vožnje brzinom od 0,36 m/s kroz redove voćnjaka kivija (Slika 6.).



Slika 6. Robot za oprašivanje cvjetova kivija (Izvor: M. Nejati

https://www.researchgate.net/publication/342165643_Robotic_Pollination-Targeting_kiwifruit_flowers_for_commercial_application#fullTextFileContent)

Algoritmi koji kontroliraju visinu robotskih ruku drže svaku ruku približno 150 mm od cvjetova. Na razini softvera, sustavom oprašivanja upravlja se preko okvira ROS (Robot Operating System), a obrada slike postignuta je putem CNN-a (Convolutional Neural Network) (Slika 7.), koji može detektirati 95% cvjetova kivija (Barnett i sur., 2017.).



Slika 7. Uzorak slike cvjetova otkrivenog CNN metodom (Izvor:

https://www.researchgate.net/publication/342165643_Robotic_Pollination-Targeting_kiwifruit_flowers_for_commercial_application#fullTextFileContent)

Osmišljen je i robot polinator kupina (Slika 8.), koji kucka po cvjetovima i poboljšava rasipanje polena.



Slika 8. Robot polinator kupina (Izvor: <https://www.wired.com/story/robotic-pollinator/>)

2.4. Kontrola korova

Sve više se prakticira u kontroli korova koristiti alternativne pristupe koji bi eliminirali upotrebu štetnih kemikalija. Osim već standardnih alternativa kemijskom načinu suzbijanja korova, poput freziranja, košnje ili malča, sve više se koriste tehnološki sofisticirani načini, poput uništavanja korova spaljivanjem, visokotlačnim vodenim mlaznicama, laserskim te robotskim sustavima.

2.4.1 Uništavanje korova spaljivanjem

Moderna tehnologija značajno je unaprijedila učinkovitost propanskih plamenika kao alternativne metode suzbijanja korova u voćnjaku (Mia i sur., 2020.).

Općenito, ovaj sustav zahtijeva jedan ili dva metalna plamenika koja su usmjerena na zakorovljenu površinu unutar reda (Slika 9.). U ovom načinu kontrole korova temperatura od 60 °C do 70 °C održava se korištenjem propanskog plamena koji uz pomoć specijalne opreme zagrijava korov do uništenja (Wei i sur. 2010.).

Bond i Grundy (2021.) naglašavaju da je za optimalan učinak potrebno održavati kut između plamenika i korova od 22,5° do 45,0°, a korove bi trebalo spaliti dok ne prijeđu visinu od 5 cm. Najlakše je uništiti na ovaj način širokolisne korove, dok je uskolisne travne korove nešto teže uništiti. Potreban je i češći broj prohoda jer se korov relativno brzo regenerira.



Slika 9. Uništavanje korova plamenom (Izvor: <https://www.pakiranje.net/poljoprivredna-mehanizacija/unistavanje-korova-plamenom/>)

2.4.2. Uništavanje korova zagrijanom pjenom

Danas je za uništavanje korova patentiran i uređaj koji na korov raspoređuje biorazgradivu pjenu i bez dodanih kemijskih spojeva, što je odlična alternativa za sve proizvođače koji se bave ekološkom proizvodnjom (www.tecnovict.com, 2023). Pjena je zagrijana na 70 °C te se postepeno hladi i uništava korov. Uređaj je posebno pogodan za ekološke vinograde (Slika 10.)



Slika 10. Ekološka kontrola korova zagrijanom pjenom (Izvor: <https://en.tecnovict.com/ecological-thermal-weeding-system-with-hot-foam/>)

2.4.3. Uništavanje korova vodom pod visokim pritiskom

Radi na principu korištenja mlaza vode pod vrlo visokim pritiscima i do 1000 bara. Uređaj koristi pumpu pogonjenu preko priključnog vratila traktora, voda pod tlakom dolazi do mlaznica koje su postavljene ispod rotirajućih glava koje imaju mogućnost bočnog pomaka tako da radno tijelo može zaobići stablo ili trs (www.caffini.com, 2023.). Ovaj uređaj je najpogodniji za vinograde i voćnjake (Slika 11.).



Slika 11. Ekološka kontrola korova zagrijanom pjenom (Izvor: <https://www.agrimarketia.com/product/caffini-grasskiller-organic-weed-control/>)

2.4.4 Precizna kontrola korova robotskim sistemima

Precizna kontrola korova danas je tehnološki gledano najmoderniji način suzbijanja korova jer se izvodi uz pomoć robota (Bajwa i sur., 2015). Autonomni pristup suzbijanju korova osmišljen je uzimajući u obzir četiri ključna aspekta: usmjeravanje, otkrivanje i identifikacija korova, precizna kontrola plijevljenja i mapiranje (Slaughter i sur., 2008).

Danas na tržištu postoji nekoliko sistema robotske kontrole korova, a prema Peruzzi i sur. (2017), sistem „Robovator“ bio je jedan od najučinkovitijih i prikladan za ekološki uzgoj te najučinkovitije unutarredno suzbijanje korova (Slika.12). On reže korov na dubini tla od 1-2 cm pomoću par zubaca, gdje svaki zub ima ravnu oštricu nalik nožu.



Slika 12. Robovator u povrćarskoj proizvodnji (Izvor: <https://www.visionweeding.com/robovator-mechanical/>)

2.5. Zaštita od štetočinja

Tehnološki razvoj nije zaobišao niti područje zaštite od bolesti i štetnika, pa su i ovdje postignute velike promjene. Ne tako davno imali smo ogromne gubitke škropiva koja su završavala na tlu ili između dvije voćke, nadzor rada bio je izuzetno loš, jer je ovisio samo o traktoristu i njegovom iskustvu i znanju.

Danas je tehnološki razvoj doveo do pojave „pametnih“ atomizera, a jedan od dobrih primjera napretka u ovom području je „smartomizer“ (Slika 13.), proaktivni sustav koji šalje upozorenja u stvarnom vremenu u slučaju da neki od kritičnih parametara nije ispravan kako bi se izbjegle pogreške koje mogu dovesti do širenja štetočina i bolesti u nasadima. Ova tehnologija pruža stvarnu slijedivost tretmana kako bi se poboljšali standardi sigurnosti hrane i važan je BI (Business Intelligence) alat koji poljoprivrednim tvrtkama omogućuje povećanje njihove profitabilnosti kontrolom učinka radi donošenja boljih odluka (www.innoseta.eu, 2023.).



Slika 13. Smartomizer – pametni atomizer (Izvor: <https://platform.innoseta.eu/product/31>)

Ovaj atomizer posjeduje proaktivni sustav koji povezuje fizičke IoT (Internet of Things) uređaje na upravljački sustav raspršivača s kontrolnom pločom i posebnim ulazom u kabini traktora. Upravljački sustav sadrži prijemnik globalnog satelitskog sustava za vođenje operatera u stvarnom vremenu i za bilježenje podataka i sljedivost zaštite.

Njegova tehnologija prskanja automatski prilagođava parametre vertikalne prskalice dimenzijama stabla čime se gubici u okoliš smanjuju za 47,5%. Ovaj sustav raspršivača sposoban je prikupljati i pratiti sve važne podatke o prskanju koji izravno utječu na kvalitetu i produktivnost posebnih usjeva.

U zadnje vrijeme na tržište se izbacuju i višenamjenska bez posadna vozila (Slika14.), koje može nadzirati jedan operater. Koristi kombinaciju sustava vida i drugih tehnologija za optimiziranje zadataka i omogućavanje inteligentne i ciljane primjene škropiva u zaštiti bilja.



Slika 14. Autonomna modularna platforma za voćnjake i vinograde (Izvor: <https://www.theengineer.co.uk/content/news/robotics-plus-unveils-ugv-for-agriculture/>)

2.6. Procjena uroda i kvalitete plodova

Prilikom planiranja trženja svojih proizvoda voćarima je uvijek bilo bitno da što realnije procijene količinu i kvalitetu prinosa, kako bi mogli ispregovarati čim povoljnije cijene. Isto tako važno je bilo i praćenje opterećenja stabla rodnom kako bi se na vrijeme mogla donijeti odluka o potrebi za ručnom ili kemijskom prorijedom plodova. Sve ovo se prije trebalo odraditi osobnim obilaskom voćnjaka i prikupljanjem te statističkom obradom podataka.

Danas je ovaj problem za voćare riješio napredak informacijske tehnologije i digitalne fotografije pa je dovoljno vozilom na kojemu su instalirane kamere proći svakim redom, i uz pomoć specijaliziranih softvera kasnije dobiti apsolutno točne podatke o broju plodova na svakom stablu, veličini svih plodova, obojanosti plodova kod obojenih sorti, kutova grananja i promjera svih grana koje rastu iz provodnice. Svi ovi podaci kasnije služe kao osnova za rad robota za berbu, dronova za berbu ili robota za rezidbu.

Jedan od dobrih primjera tvrtke koja prikuplja takve podatke, analizira ih i spremna ih je ponuditi farmerima je tvrtka „Fruit Vision“.



Slika 15. Sistem kamera instaliran na pokretnoj platformi (Izvor: <http://www.intelligentfruitvision.com/solutions/>)

Prvo se prolaskom platforme na kojoj su instalirane kamere koje stvaraju veliku količinu fotografija bilježi stvarna situacija u voćnjaku, po pitanju broja plodova, njihovog promjera, a kasnije neposredno prije berbe, određuje se i obojanost plodova (Slika 15.). Prikupljeni podaci se analiziraju specijalnim softverima, te se na temelju analiza donose konkretne odluke o mogućim intervencijama proizvođača u proizvodnji.



Slika 16. Obrada podataka u realnom vremenu (Izvor: <http://www.intelligentfruitvision.com/solutions/>)

Na Slici 16. vidimo isječak obrađenih podataka za jedno stablo jabuka s točnim brojem jabuka, promjerom, te realnom pozicijom stabla u voćnjaku. Sve ovo je uvod za implementiranje robotskih sustava za berbu, robotskih sustava za rezidbu te dronova za berbu. Implementacija 5 g mreže omogućiti će još brže prikupljanje podataka i njihovo spremanje u oblake za pohranu.

2.7. Upotreba bespilotnih letjelica

Napredak na području upotrebe bespilotnih letjelica u poljoprivredi također je jako vidljiv.

Najvažnija prednost bespilotnih letjelica u poljoprivredi je njihova sposobnost da poljoprivrednicima osiguraju učinkovite i točne podatke za donošenje odluka (Lawrence i sur., 2023.).

S bespilotnim letjelicama poljoprivrednici mogu brzo i jednostavno pregledati svoja polja, procijeniti zdravlje usjeva, pratiti navodnjavanje i otkriti napad štetočina ili bolesti. To može pomoći poljoprivrednicima da smanje ulazne troškove i povećaju prinose. Potpuno automatizirani dronovi koji analiziraju prikupljene podatke i daju preporuke o primjeni gnojiva, pesticida ili fungicida imaju veliki potencijal u budućnosti. Sve ovo dovesti će do učinkovitijeg korištenja resursa, smanjenja utjecaja na okoliš i povećanja održivosti poljoprivrednih praksi.

2.8. Nove tehnologije u preciznom vinogradarstvu

Potencijal preciznog vinogradarstva posebno je vidljiv u posljednjem desetljeću, kada su i postignuti izvrsni rezultati u pogledu inovacija i jednostavnosti primjene tehnologija (Ferro i Catania, 2023.).

2.8.1. Upotreba senzora

Primjena novih senzora za praćenje vinograda će se povećati u nadolazećim godinama, što će omogućiti dobivanje velike količine informacija. Sa sve većim brojem razvijenih senzora i velikom količinom podataka koji se mogu prikupiti nije uvijek lako upravljati jer to zahtijeva međusektorsku stručnost (Ferro i Catania, 2023.).

Prikupljanje velike količine geo referenciranih informacija i podataka, koji se mogu mjeriti pomoću širokog spektra senzora danas je postao glavni cilj, a ovi podaci će se kasnije koristiti od strane umjetne inteligencije.

Senzori koji se najviše koriste su multi spektralni senzori, dok je RGB kamera drugi tip senzora koji se najviše koristi, a glavni cilj je identifikacija krošnje, mladica ili grozdova vinove loze.

Hiperspektralni senzori koriste se u vinogradarstvu u mnogim područjima primjene a vodeća upotreba im je za ispitivanje vodnog stresa vinove loze, posebno u operacijama oko navodnjavanja.

2.8.2. Satelitska kontrola nasada

Korištenje satelitskih sustava u istraživanjima predstavlja alat za praćenje koji osigurava široku primjenu u vinogradarstvu, ali može biti problematično zbog prostorne rezolucije, koja ponekad nije dovoljna za detaljni pregled karakteristika vinograda, jer se radi o plošnom sustavu uzgoja,

što predstavlja poteškoću oko razlikovanja između međureda i redova, te drugih elemenata (Khaliq i sur, 2019.).

2.8.3. Беспilotne letjelice

Bеспilotne letjelice nude velike mogućnosti za prikupljanje podataka na terenu na jednostavan, brz i jeftin način u usporedbi s dosadašnjim metodama. Ovi sustavi nadzora učinkovitiji su od zemaljskih sustava zbog svoje sposobnosti pokrivanja velikih udaljenosti u kratkom vremenu a prednost im je što mogu letjeti na manjim visinama, što omogućuje slike vrlo visoke prostorne rezolucije te se naširoko koriste u preciznom vinogradarstvu, jer njihova uporaba nije složena (Ferro i Catania, 2023.).

2.8.4. Proksimalno očitavanje objekata

Kod proksimalnog očitavanja objekta koristi se skup mjernih tehnologija u kojima je senzor u izravnom kontaktu ili blizini objekta koji se mjeri, pa su prema ovoj definiciji, proksimalni senzori uvijek optičkog ili kontaktnog tipa (Ferro i Catania, 2023.).

Proksimalni senzor se obično definira kao takav kada udaljenost od njega do ciljnog objekta ne prelazi dva metra (Araújo Paredes i sur., 2022.).

GreenSeeker™ (Slika 17.) (Trimble Navigation Limited, Westminster, CO, SAD) omogućuje izračun određenih vegetacijskih indeksa koji dobro koreliraju s parametrima kvalitete grožđa (www.agriculture.trimble.com, 2023.).

Sa GIS softverom, podaci dobiveni uz pomoć uređaja mogu se koristiti za identificiranje problema sa štetočinama i bolestima, procjenu učinkovitosti sustava odvodnje, praćenje i modificiranje rasporeda navodnjavanja, određivanje optimalnih datuma berbe (www.agriculture.trimble.com, 2023.).

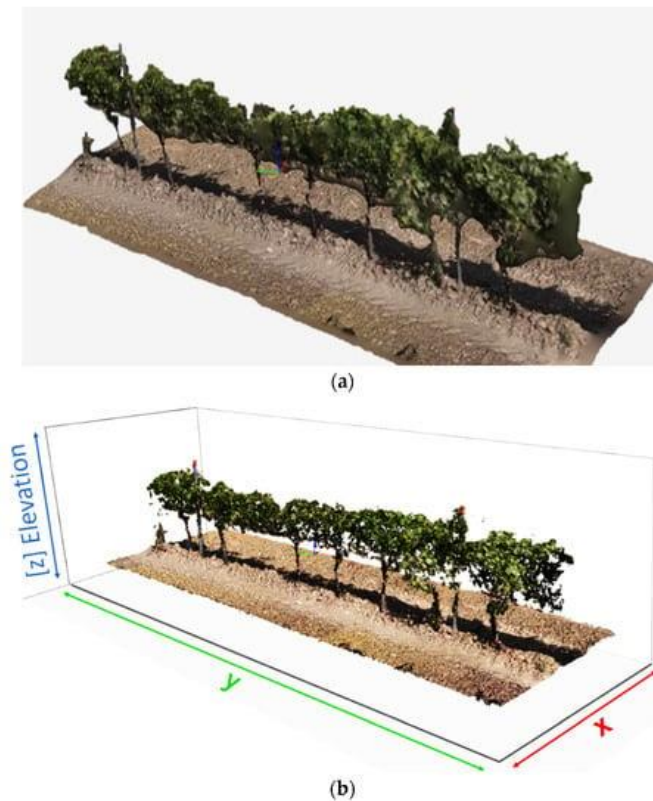


Slika 17. GreenSeekerTM (Izvor: <https://www.opb.org/article/2023/04/06/northwest-oregon-apple-washington-farm-harvest-robots-robotics-orchards-agriculture-technology/>)

2.8.5 Procjena biofizičkih parametara vinograda i geometrije krošnje

Podaci za implementaciju 2D karata ili 3D modeliranja (Slika 18.) mogu se osigurati pomoću laserskih skenera ili mogu biti izvedeni iz RGB slika, a najjeftinije rješenje sastoji se od bespilotnih letjelica opremljenih potrošačkim RGB kamerama. Napredak na području računalnog vida i obrade slike potaknuo je razvoj fotogrametrijskog pristupa, pogodnog za praćenje u preciznom vinogradarstvu. Glavna fotogrametrijska metoda koja se koristi temelji se na “strukturni-iz-kretanja” (SfM) i algoritmima za usklađivanje slika, koji omogućuju automatsku reprodukciju topografskih snimaka visoke rezolucije, iz više preklapajućih fotografija (Ferro i Catania, 2023.).

Biglia i sur. (2022.) predložili su inovativni algoritam za obradu oblaka 3D točaka, za identifikaciju i automatsku lokaciju redova unutar mape vinograda.



Slika 18. Prikaz 3D modela – red vinograda, softver: Agisoft LLC, St. Petersburg, Russia
 (Izvor: <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/3/399#B114-horticulturae-09-00399>)

2.9. Nove tehnologije u rezidbi

Napredak robotske rezidbe uvelike je povezan s razinom složenosti uzgojnog oblika i krošnje. Postoje uzgojni oblici koji su posebno pogodni za robote, kao što su vitko vreteno i V-oblik i oni daju solidnu mogućnost za razvoj robotskih sustava rezidbe (He i Schupp, 2018.). Posljednjih nekoliko godina istraživanja su bila usmjerena na razvoj algoritama za automatizirano orezivanje stabala u zimskom mirovanju (Kolmanič i sur., 2021.), što bi moglo olakšati usvajanje robotskog sustava rezidbe.

Preduvjet za automatiziranu rezidbu (Slika 19.) je prikupljanje podataka o kutovima izboja u odnosu na provodnicu, promjerima izboja, dužini izboja i visini stabla. Potrebno je skenirati cijelu krošnju, kako bi softver robota za rezidbu imao sve podatke na osnovu kojih bi donio odluku, u skladu s ulaznim podacima koje zadaje voćar.



Slika 19. Robotski rezač Sveučilišta Penn State (Izvor: <https://www.growingproduce.com/fruits/robotic-pruner-ready-to-cut-down-production-problems-in-apple-orchards/>)

2.9. Nove tehnologije u berbi

Segment gdje je tehnologija ponajviše napredovala zadnjih godina je područje berbe plodova raznih voćnih vrsta. Prije samo desetak godina samohodna platforma za branje voća bila je glavna platforma za berbu, ali se sada testiraju i pomalo uvode u proizvodnju robotski sustavi za berbu ili počinju upotrebljavati dronovi za berbu. Najdalje su ovom polju otišle Izraelska tvrtka Tevel koja je proizvela autonomnog robota i dronove za berbu, kao i tvrtke iz silicijske doline u SAD-u.

Tvrtka za robotiku „Advanced Farm“ sa sjedištem u Kaliforniji jedna je od tehnoloških tvrtki koje provode testiranja robotskih sustava za berbu jabuka u središnjem Washingtonu (www.opb.org, 2023.). Robotski kombajn za jabuke (Slika 20.) pokreće glavno računalo koje neovisno kontrolira kretanje šest mehaničkih ruku za berbu.

Svaki krak je opremljen vakumom na kraju, što eliminira oštećenja tijekom procesa branja. Ugrađene kamere lociraju svaku jabuku i procjenjuju je li dovoljno zrela za branje (www.opb.org, 2023.)



Slika 20. Robotski berač (Izvor: <https://www.opb.org/article/2023/04/06/northwest-oregon-apple-washington-farm-harvest-robots-robotics-orchards-agriculture-technology/>)

Najdalje u automatiziranim tehnološkim rješenjima otišla je tvrtka „Tevel aerobotics“ koja je osim robota za branje, na tržište pustila i dronove za branje raznih vrsta voća (Slika 21.). Ova se tvrtka bavi unajmljivanjem svoje tehnologije za branje voća zainteresiranim farmerima (www.tevel-tech.com, 2023).



Slika 21. Dron za berbu - Tevel (Izvor: <https://www.tevel-tech.com/>)

3. METODE RADA

Ovaj pregledni rad izrađen je pažljivim konzultiranjem stručne literature iz područja voćarstva, vinogradarstva, informacijskih te tehničkih znanosti, posebno u dijelu razvoja visoko sofisticiranih tehnologija iz robotike . U radu su korišteni znanstveni i stručni članci, internetski portali koji tematiziraju razvoj tehnologija i njihovu primjenu u poljoprivrednoj proizvodnji.

4. ZAKLJUČAK

Kako smo iz pregleda literature mogli vidjeti, napredak tehnologije u području informacijskih i tehničkih znanosti, a posebno na polju robotike i digitalnih tehnologija u zadnja tri desetljeća bio je strelovit i to se reflektiralo na ubrzani razvoj svih segmenata društva. Niti poljoprivredna djelatnost nije ostala imuna na ovaj nagli napredak tehnologije, pa je ona ušla u gotovo sve segmente proizvodnje. Voćarska i vinogradarska proizvodnja danas je neprepoznatljiva ako je usporedimo s proizvodnjom od prije samo nekoliko desetljeća (posljednja dekada 20. stoljeća), pogotovo u smislu automatizacije proizvodnje u svim radnim operacijama. Od trenutaka kada je proizvodnja uglavnom ovisila o sposobnostima, znanju te iskustvu farmera, te o utjecaju klime, došli smo do trenutka kada je postignuta visoka sigurnost proizvodnje u smislu utjecaja novih tehnoloških rješenja u proizvodnji (mreže, navodnjavanje i fertirigacija, zaštita od mraza). Fizički rad gotovo da je sveden na nulu, jer je postignuta automatizacija rada, do mjere kada farmer praktično ne mora izlaziti iz traktora. Daljnjim razvojem informacijskih i digitalnih znanosti, robotike, umjetne inteligencije, te uvođenja super brzih internetskih veza, očekujemo gotovo potpunu automatizaciju poslova putem robotskih sustava, dronova te samohodnih polivalentnih vozila, kojima će upravljati umjetna inteligencija. Vrlo je izvjesno da će voćari i vinogradari budućnosti ostati samo vlasnici plantaža i eventualno dijelom nadzornici radnih operacija, a sve agrotehničke i pomotehničke mjere odrađivati će se putem usluge i potpuno automatizirano od strane za to specijaliziranih tvrtki, jer moderna robotika, dronovi, on line aplikacije nadzora proizvodnje itd., biti će preskupi da bi ih svi farmeri mogli posjedovati. Pretpostavljamo da će biti potreban mali broj farmera angažiranih u proizvodnji voća i grožđa u ne tako dalekoj budućnosti.

5. LITERATURA

1. Araújo Paredes, C., Portela, F., Mendes, S., Valín, M.I. (2022): Using Aerial Thermal Imagery to Evaluate Water Status in *Vitis Vinifera* Cv. Loureiro. *Sensors* 2022, 22, 8056. <https://doi.org/10.3390/s22208056>
2. Bajwa, A., Mahajan, G., Chauhan, B. (2015): Nonconventional Weed Management Strategies for Modern Agriculture. *Weed Science*, 63(4), 723-747. <http://dx.doi.org/10.1614/WS-D-15-00064.1>
3. Barnett J, Seabright., Matthew W., Henry N., Mahla S., Alister B., Jamie J., Mark M., Paul S., Peter D, Mike. (2017): Robotic Pollination-Targeting kiwifruit flowers for commercial application. <https://www.researchgate.net/publication/342165643>
4. Biglia, A., Zaman, S., Gay, P., Aimonino, D.R., Comba, L. (2022): 3D Point Cloud Density-Based Segmentation for Vine Rows Detection and Localisation. *Comput. Electron. Agric*, 199, 107166. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107166>
5. Bond, W., Grundy, A.C. (2001): Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, 41: 383-405. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00246.x>
6. Caffini. <https://caffini.com> (datum pristupa: 12.05.2023)
7. Fan, J., Lu, X., Gu, S., Guo, X. (2020): Improving nutrient and water use efficiencies using water-drip irrigation and fertilization technology in Northeast China, *Agricultural Water Management*, Volume 241, 106352, ISSN 0378-3774, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106352>
8. Ferro, M.V., Catania, P. 2023: Technologies and Innovative Methods for Precision Viticulture: A Comprehensive Review, *Horticulturae*, vol. 9, no. 3, p. 399. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae9030399>
9. Gao, C., He, L., Fang, W., Wu, Z., Jiang, H., Li, R., Fu, L. (2023): A novel pollination robot for kiwifruit flower based on preferential flowers selection and precisely target, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 207, 107762, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107762>
10. He, L., Schupp, J. (2018): ‘Sensing and Automation in Pruning of Apple Trees: A Review’, *Agronomy*, 8(10), 211, available: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy8100211>
11. Innoseta. <https://www.innoseta.eu> (datum pristupa: 13.05.2023)

12. Khaliq, A., Comba, L., Biglia, A., Ricauda Aimonino, D., Chiaberge, M., Gay, P. (2019) : Comparison of Satellite and UAV-Based Multispectral Imagery for Vineyard Variability Assessment. *Remote Sens.*, 11, 436. <https://doi.org/10.3390/rs11040436>
13. Kolmanič, S., Strnad, D., Kohek, Š., Benes, B., Hirst, P., i Žalik, B. (2021): An algorithm for automatic dormant tree pruning, *Applied Soft Computing*, Volume 99, 106931, ISSN 1568-4946, <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106931>.
14. Lawrence, I.D., Agnishwar, J., Vijayakumar, R.. (2023): DRONE TECHNOLOGY IN AGRICULTURE FOR SURVEILLANCE AND INSPECTION. *European Chemical Bulletin*. 12. 1253-1263. [DOI: 10.48047/ecb/2023.12.si12.113](https://doi.org/10.48047/ecb/2023.12.si12.113).
15. Mia M.J., Massetani F., Murri G., Neri D. (2020): Sustainable alternatives to chemicals for weed control in the orchard – a Review. *Hort. Sci. (Prague)*, 47: 1–12.. 10.17221/29/2019-HORTSCI. <https://www.researchgate.net/publication/>
16. Netafim. <https://www.netafim.com> (datum pristupa: 12.05.2023)
17. Opb. <https://www.opb.org> (datum pristupa: 15.04.2023)
18. Petersen, R., Krost, C. (2013): Tracing a key player in the regulation of plant architecture: the columnar growth habit of apple trees (*Malus × domestica*). *Planta* 238, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1898-9>
19. Peruzzi, A., Martelloni, L., Frasconi, C., Fontanelli, M., Pirchio, M. and Raffaelli, M. (2017): Machines for non-chemical intra-row weed control in narrow and wide-row crops: a review, *Journal of Agricultural Engineering*, 48(2), pp. 57–70. <http://dx.doi.org/10.4081/jae.2017.583>
20. Rosse, H., Coelho, J. (2019): Cyberphysical Network Applied to Fertigation Agricultural Processes. The 2nd XoveTIC Conference Online: <http://dx.doi.org/10.3390/proceedings2019021018>
21. Sun, Q., Zhao, D., Wang, C., Zhao, Y. (2014): Design of a Sapling Branch Grafting Robot, *Journal of Robotics*, vol. 2014, Article ID 604746, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2014/604746>
22. Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D. (2008): Autonomous robotic weed control: a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61: 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.05.008>
23. Tecnovit. <https://en.tecnovict.com> (datum pristupa: 12.05.2023)

24. Tevel. <https://www.tevel-tech.com> (datum pristupa: 13.05.2023)
25. Trimble. <https://agriculture.trimble.com> (datum pristupa: 12.05.2023)
26. Wei D., Liping C., Zhijun M., Guangwei W., Ruirui Z. (2010): Review of non-chemical weed management for green agriculture. International Journal for Agricultural and Biological Engineering, 3: 52–60. DOI: [10.3965/j.issn.1934-6344.2010.04.052-060](https://doi.org/10.3965/j.issn.1934-6344.2010.04.052-060)