

Primjena automatskih sustava navođenja strojeva u poljoprivredi

Barbić, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:832222>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**PRIMJENA AUTOMATSKIH SUSTAVA NAVOĐENJA
STROJEVA U POLJOPRIVREDI**

DIPLOMSKI RAD

Domagoj Barbić

Zagreb, rujan, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Poljoprivredna tehnika - Mehanizacija

**PRIMJENA AUTOMATSKIH SUSTAVA NAVOĐENJA
STROJEVA U POLJOPRIVREDI**

DIPLOMSKI RAD

Domagoj Barbić

Mentor:

doc. dr. sc. Igor Kovačev

Zagreb, rujan, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Domagoj Barbić**, JMBAG 0178111789, rođen 08.04.1997. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

PRIMJENA AUTOMATSKIH SUSTAVA NAVOĐENJA STROJEVA U POLJOPRIVREDI

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Domagoja Barbića**, JMBAG 0178111789, naslova

PRIMJENA AUTOMATSKIH SUSTAVA NAVOĐENJA STROJEVA U POLJOPRIVREDI

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|-----------------------------|--------|-------|
| 1. | Doc. dr. sc. Igor Kovačev | mentor | _____ |
| 2. | Doc. dr. sc. Krešimir Čopec | član | _____ |
| 3. | Doc. dr. sc. Ante Galić | član | _____ |

Zahvala

Ovime zahvaljujem docentu Igoru Kovačevu na trudu i vremenu koje je uložio kako bi mi pomogao u stvaranju ovog rada, također zahvaljujem se i svim profesorima na Agronomskom fakultetu koji su mi u ovih pet godina studiranja prenijeli svoje znanje i vještine. Hvala mojim kolegama sa fakulteta bez kojih vjerojatno ne bih ni bio ovdje. Hvala i mojim radnim kolegama i šefovima koji su mi uvijek izlazili u susret. Na kraju hvala mojoj obitelji i prijateljima bez čije podrške i razumijevanja sve ovo ne bi bilo moguće.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 1.1. Cilj rada..... | 1 |
| 2. Pregled literature | 2 |
| 2.1. Precizna poljoprivreda | 2 |
| 2.1.1. Prikupljanje podataka | 4 |
| 2.1.2. Obrada i primjena podataka | 4 |
| 2.1.3. Prednosti i nedostaci „precizne poljoprivrede“ | 5 |
| 2.2. Geografski informacijski sustav (GIS) | 5 |
| 2.2.1. Pozitivne i negativne strane korištenja GIS-a | 8 |
| 2.3. Sustavi navigacije..... | 8 |
| 2.3.1. Sustavi povećanja točnosti satelitskih sustava pozicioniranja .. | 11 |
| 2.3.2. DGPS – Diferencijalni GPS sustav | 12 |
| 3. Automatski sustavi navođenja strojeva u obradi tla | 14 |
| 3.1. Farmnavigator G7..... | 16 |
| 3.1.1. Način korištenja Farmnavigator uređaja..... | 16 |
| 4. Primjena automatskih sustava navođenja kod sjetve | 19 |
| 4.1. Sijačica Horsch Pronto 8 DC | 19 |
| 4.1.1. Radne karakteristike sijačice Horsch Pronto 8 DC | 20 |
| 4.2. Navigacijski uređaj Ag Leader | 20 |
| 4.3. Markeri | 22 |
| 5. Primjena automatskih sustava navođenja u prihrani usjeva | 23 |
| 5.1. AgLeader OptRx osjetnik..... | 23 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6. | Primjena automatskih sustava navođenja u zaštiti usjeva | 25 |
| 6.1. | Amazone UG 3000 Special | 25 |
| 7. | Primjena automatskih sustava navođenja prilikom žetve | 27 |
| 7.1. | Upravljanje pomoću lasera | 28 |
| 7.2. | Osjetnici prinosa | 29 |
| 7.3. | John Deere GreenStar Lightbar | 29 |
| 8. | Primjena automatskih sustava navođenja u voćarstvu i vinogradarstvu..... | 30 |
| 8.1. | Sadnja vinove loze i maslina..... | 30 |
| 8.1.1. | Sustav navođenja laserom | 31 |
| 8.1.2. | Sustav SMART WINE | 32 |
| 8.2. | Autoupravljački sustav | 32 |
| 8.3. | Učinkovitost rada sadilica | 33 |
| 8.4. | Zaštita nasada pesticidima | 33 |
| 8.4.1. | Orošivači sa osjetnicima za identifikaciju stabala..... | 34 |
| 8.4.2. | Orošivači sa osjetnicima za identifikaciju bolesti..... | 35 |
| 8.4.3. | Orošivači sa osjetnicima za lasersko navođenje mlaza..... | 35 |
| 9. | Zaključak..... | 37 |
| 10. | Popis literature | 38 |
| 11. | Životopis | |

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Domagoja Barbića**, naslova

PRIMJENA AUTOMATSKIH SUSTAVA NAVOĐENJA STROJEVA U POLJOPRIVREDI

Glavni cilj svakog poljoprivrednog proizvođača je ostvarivanje veće dobiti. Za ostvarivanje veće dobiti i isplativost proizvodnje nužna je primjena novih tehnologija. U radu su prikazani razni načini primjene automatskih sustava navođenja strojeva u različitim granama poljoprivrede. Nabavka strojeva iziskuje financijski trošak, ali predstavlja isplativo ulaganje u modernizaciju. Mali broj takvih sustava na poljoprivrednim gospodarstvima u Hrvatskoj leži u tome što su površine male i rascjepkana pa je i isplativost mala.

Ključne riječi: precizna poljoprivreda, GPS, sustav navođenja

Summary

Of the master's thesis – student **Domagoj Barbić**, entitled

APPLICATION OF AUTOMATIC GUIDING SYSTEMS IN AGRICULTURE

The main goal of every agricultural producer is to make more profit. In order to achieve higher profits and cost-effectiveness of production, it is necessary to apply new technologies. The paper presents various ways of applying automatic machine guidance systems in different branches of agriculture. Procurement of machines requires a financial cost, but represents a profitable investment in modernization. The small number of such systems on farms in Croatia lies in the fact that the areas are small and fragmented, so the profitability is low.

Keywords: precision agriculture, GPS, guidance system

1. Uvod

Broj stanovnika na Zemlji raste i dolazi do sve veće potrebe za hranom. Kako bi se proizvela dovoljna količina hrane za stanovništvo neminovno je da se u poljoprivredu uvedu „pametne“ tehnologije da bi se mogao izgraditi održivi sustav poljoprivrede.

Ulaganje u „pametne“ tehnologije nije uvijek jeftino i isplativo, stoga se prije nabavke uređaja i opreme mora napraviti troškovnik i vidjeti isplati li se uložiti novac u tu tehnologiju. Neka tehnologija isplativa je samo na većim površinama što u Hrvatskoj predstavlja problem zbog rascjepkanosti parcela.

U radu ćemo se upoznati s pojmom „precizna poljoprivreda“ i vidjeti kakav ona ima utjecaj na neke grane poljoprivrede. Precizna poljoprivreda se zadnjih godina implementirala u sve više grana poljoprivrede i njezi napredak ide u korak s vremenom.

Geografski informacijski sustav (GIS) i Geografski pozicijski sustav (GPS) su dva pojma koja su usko vezana za preciznu poljoprivredu i čine njen temelj. U radu ćemo prikazati kako ta dva sustava utječu na preciznost poljoprivrednih strojeva.

Sve veći ekološki problem u poljoprivredi je prekomjerna uporaba pesticida koja je u nekim slučajevima nepotrebna na svim dijelovima parcele. Problem također stvaraju i dvostruki prolasci po pojedinim dijelovima parcele, stoga potrebno je korištenje uređaja koji će smanjiti broj dvostrukih prolaza i smanjiti utrošak pesticida i zagađenje okoliša.

Upotreba sustava navođenja važna je i u sjetvi, svaka biljka treba imati dovoljno prostora za pravilan rast i razvoj stoga je vrlo bitno da se sjetva obavi na pravilan način. Svaka sjemenka treba pasti na određeno mjesto i na određeni razmak, a to se postiže uz pomoć različitih sustava navođenja.

Prilikom sadnje trajnih nasada u voćarstvu i vinogradarstvu izrazito je važna preciznost, iz tog razloga koriste se sustavi navođenja poput lasera ili GPS sustava. Također prilikom zaštite i orezivanja trajnih nasada potrebni su određeni osjetnici (senzori) koji služe za zaštitu nasada od oštećenja.

1.1. Cilj rada

Cilj rada je napraviti pregled strategija i sustava automatskog navođenja poljoprivrednih strojeva u različitim radnim operacijama te ukazati na tehničke preduvjete za primjenu različitih rješenja navođenja koja se trenutno nalaze u ponudi proizvođača poljoprivredne mehanizacije.

2. Pregled literature

Povećanjem broja stanovnika u svijetu raste i potreba za hranom. Kako bi se zadovoljile količine hrane neophodan je razvoj poljoprivrede. Razvoj i modernizacija poljoprivrede zahtijevaju i optimalno korištenje poljoprivredne mehanizacije kako bi se ostvarili najbolji rezultati. Modernizacija imanja mehanizacijom karakterizira se racionalnim i isplativim opremanjem imanja novim tehnologijama, stalnim praćenjem njihove isplativosti i utjecajem na organiziranost rada (Brkić i sur., 2005.).

Veliki broj malih poljoprivrednih gospodarstava karakterizira poljoprivrednu proizvodnju u Republici Hrvatskoj. Prema Državnom zavodu za statistiku u Republici Hrvatskoj 2018. godine broj poljoprivrednih gospodarstava bio je 134.459, a površina koju su obrađivali iznosila je 1.562.983 hektara što u prosjeku daje 11,62 hektara po poljoprivrednom gospodarstvu. <https://www.dzs.hr>

Čimbenici na koje se ne može utjecati kao što su vrijeme, pedologija, bolesti, karakteristike tržišta čine poljoprivrednu proizvodnju neizvjesnom. Zbog toga sve je veća potražnja za informacijskim sadržajima na svim razinama (regionalnim, državnim, korporacijskim) (Mesarić, 2009.).

Uvođenjem GIS-a i GPS-a u poljoprivredu započinje i razvoj „precizne poljoprivrede“. Idejno zamisao je da poljoprivrednik ima što veći broj što preciznijih informacija na raspolaganju kako bi u datom trenutku donio što kvalitetniju odluku. (Gavrić, 2004.).

Visoka produktivnost, pravovremeno obavljanje radova, manji broj radnih sati i manja cijena rada glavne su karakteristike koje se vežu uz pojam „precizna poljoprivreda“, a osnova su im novi informacijski sustavi (Jurišić i Plaščak, 2009.).

2.1. Precizna poljoprivreda

Grgić i suradnici (2011.) navode da su prednosti precizne poljoprivrede ušteda radnih sredstava, ušteda strojeva i radnog vremena, ostvarenje većih prinosa i veća kvaliteta proizvoda.

Za ostvarenje navedenih prednosti potrebna je obrada podataka. Do toga se dolazi slijedećim redoslijedom, prvo se prikupe podaci, koji se zatim obrađuju i primjenjuju te se naposljetku i dokumentiraju.

Precizna poljoprivreda kao glavni cilj ima povećanje zarade odnosno veću profitabilnost koja se ostvaruje povećanjem prinosa uz smanjenje inputa. Jurišić i Plaščak (2009.) navode da je ključ precizne poljoprivrede informacija koju poljoprivrednik dobiva tijekom rada.



Slika 2.1. Precizna poljoprivreda

Izvor: <https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/sto-je-precizna-poljoprivreda-i-kako-se-provodi-830>

Menadžerski pristup tijekom proizvodnje dokazano pomaže da bi se ostvario veći profit. Tehnike poput navođenja poljoprivredne mehanizacije uz pomoć GPS-a, tehnologija promjenjivih normi, kartiranje prinosa, daljinska detekcija i Geo-informacijski sustav su nove tehnike koje pomažu da se ostvare veći prinosi i profitabilnost. <https://repozitorij.unios.hr>

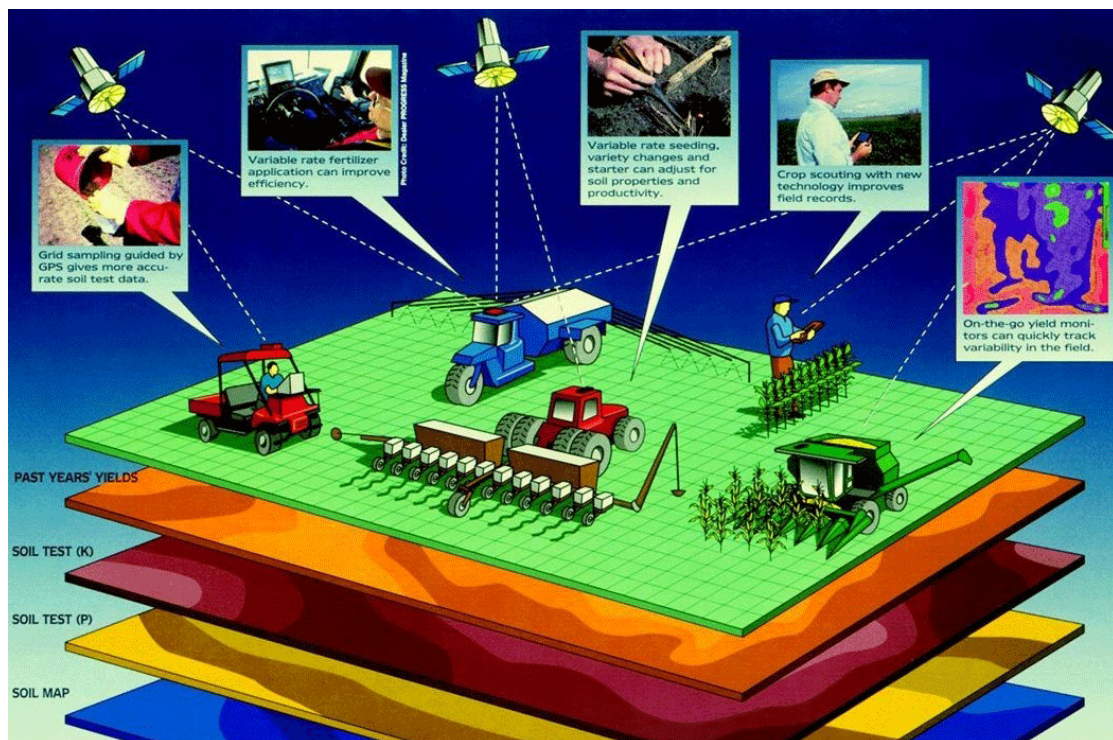
U istraživanju kojeg su proveli Marković i sur. (2011.) na poljoprivrednim površinama tvrtke Beograd utvrdili su da se primjenom tehničkih sustava za navođenje i automatsko upravljanje postižu velike uštede. Na površinama od 18 959 hektara uštedjeli su iznos od 301 980 eura što na kraju daje 15,9 eura uštede po hektaru poljoprivredne površine.

Štefanek (2014.) navodi da se u naprednim zemljama uvelike primjenjuju mogućnosti precizne poljoprivrede. Navodi da se u Francuskoj 10% poljoprivrednika koristi nekim sustavom precizne poljoprivrede, dok se u Hrvatskoj za sada te tehnologije primjenjuju kod nekoliko velikih tvrtki uz korištenje najmodernijih strojeva i opreme. Isto tako navodi kako većina obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava u Hrvatskoj nema osnovne uvjete za primjenu sustava precizne poljoprivrede.

Kada se govori o preciznoj poljoprivredi to podrazumijeva bolje i racionalnije upravljanje ulaznim parametrima poput mineralnih gnojiva, herbicida, sjemena i goriva. Ako se vodimo načelima precizne poljoprivrede to znači da ćemo aplikaciju pesticida, raspodjelu mineralnih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja obaviti na adekvatan način sa minimalnim utjecajem na okoliš.

2.1.1. Prikupljanje podataka

Da bi se mogla primijeniti precizna poljoprivreda, nužno je prikupiti određene podatke, obraditi ih na odgovarajući način te ih na kraju primijeniti na površini. Prikupljanje podataka može se definirati kao uzimanje uzoraka, obavljanja analiza tla, analiza zdravstvenog stanja biljaka ili kartiranje prinosa. Navedene podatke može se prikupljati i uz primjenu satelitskih i avio snimaka koje se definira kao daljinsku detekciju. Da bi se podaci prikupili koriste se različiti osjetnici koji koriste GPS tehnologiju kako bi odredili lokaciju stroja na parceli. Postoje sustavi koji omogućuju da se istovremeno prikupljaju podaci i apliciraju sredstva na površinu.



Slika 2.2. Prikupljanje informacija

Izvor: <https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/sto-je-precizna-poljoprivreda-i-kako-se-provodi-830>

2.1.2. Obrada i primjena podataka

Kada se završi prikupljanje podataka prelazi se na obradu i primjenu podataka. Podaci koji se prikupe obrade se tako da se pretvore u odgovarajući format da ih strojni sustav može prepoznati. Kada se završi obrada podataka kao rezultat u najviše slučajeva dobije se karta koja služi za analizu polja. Karte se koriste za prikaz sadržaja važnih hranjiva u uzgoju neke kulture. Nakon obrade podataka prelazi se na primjenu istih. Pomoću GPS-a i računalnih sustava poljoprivredni strojevi analiziraju dobivene podatke i vrše izbacivanje potrebne količine materijala na određeno mjesto na parceli.



Slika 2.3. Obrada podataka

Izvor: <https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/sto-je-precizna-poljoprivreda-i-kako-se-provodi-830>

2.1.3. Prednosti i nedostaci „precizne poljoprivrede“

Prednosti precizne poljoprivrede su bolje iskorištavanje sredstava za zaštitu usjeva, precizniji rad strojeva, efikasnije korištenje gnojiva, smanjena opterećenost radnika, manja zagađenost okoliša pesticidima, povećanje prinosa i veća profitabilnost poljoprivredne proizvodnje. Prema poduzetnicima, efikasan i precizan rad najveće su prednosti precizne poljoprivrede. <https://bs.potatoes.news>

Nedostaci su nedovoljan stupanj obrazovanosti poljoprivrednika, visoki troškovi nabave strojeva, potreba za većim površinama za obradu kako bi se opravdao uloženi novac.

2.2. Geografski informacijski sustav (GIS)

Najjednostavnija definicija Geografskog informacijskog sustava, skraćeno GIS je da je to računalni alat koji služi za kreiranje i analizu geografskih objekata (Pahernik, 2006.).

Gledajući s aspekta sredstva za rad GIS je skup sredstava koji prikuplja, pohranjuje, pretražuje, transformira i prikazuje prostorne podatke iz stvarnog svijeta (Burrough, 1986.).

Smith i suradnici (1987.) definirali su GIS na osnovi baze podataka i prema njima GIS je sustav baze podataka koji većinu podataka prostorno indeksira i kojima upravlja uz pomoć niza postupaka koji odgovaraju na pitanja vezana za prostorne entitete koji se nalaze u bazama.

Arnoff (1989.) smatra da je GIS bilo koji niz podataka koji se zasnivaju na ručnoj ili računalnoj obradi, te ih se koristi da bi se spremili i upravljali geografski referenciranim podacima.

Prema Ozemoy i sur. (1981.) koji definiraju GIS iz aspekta smisla organizacije, GIS je skup funkcija koje su automatizirane i koje stručnjacima omogućavaju da naprednim načinom pohranjuju, upravljaju, pretražuju i prikazuju podatke koje se geografski locira.

Tutić i sur. (2006.) opisuju GIS kao sustav koji obrađuje prostorne podatke. Smatraju da su ti podaci informacije koje se vežu uz prostorni položaj.

Milinović (2015.) tvrdi da korištenjem GIS tehnologije i kvalitetnijim upravljanjem svojim proizvodnim površinama poljoprivrednik može maksimalno povećati svoje prihode i smanjiti rashode. Također predstavlja GIS kao analitički alat uz pomoću kojeg poljoprivrednik bolje razumije podatke i donosi kvalitetnije odluke za svoje gospodarstvo.

Ukoliko se koristi GIS i prostorni podaci bolje se upravlja informacijama koje se dobiju, kvalitetnija je analiza dobivenih podataka te je samim time donesena odluka ispravnija (Rajković, 2013.).

Osim što omogućava skladištenje i prikazivanje podataka, isto tako omogućava i simulaciju trenutnog i alternativnog načina upravljanja, tako da kombinira i manipulira podacima te radi analizu načina upravljanja (Davis i sur., 1998.).



Slika 2.4. GIS

Izvor: <https://pametni-gradovi.eu/pametne-tehnologije/pametna-rijesenja-i-tehnologije/sto-je-geografski-informacijski-sustav-gis/>

Europska unija uz pomoć zakona sve više pomaže uvođenju GIS tehnologije na poljoprivredne površine kako bi imali izgrađen sustav za identifikaciju poljoprivrednih parcela i smanjili mogućnost manipuliranja prilikom dodjele bespovratnih sredstava poljoprivrednicima.

GIS je sustav koji sadrži nekoliko komponenti: hardware, software, podaci, metode, korisnici.

Hardware predstavlja osobna računala ili neki od uređaja za prikupljanje, obradu i spremanje podataka s terena. Software je određeni operativni sustav na računalu ili namjenski program koji služi da bi se obradile karte, slike, tekst i zvuk.

Podaci predstavljaju bazu podataka, te su oni zapravo podaci o prostoru, također u ovu skupinu spadaju i digitalne karte koje predstavljaju vizualizacijsku komponentu GIS-a.

Metode predstavljaju planove i pravila poslovanja korisnika GIS-a za različite grane primjene.

Korisnici su stručne osobe koje vrše izradu baza podataka, izvode mjerenja na terenu i digitaliziraju podatke. Također korisnici su i korisnici koji rade svakodnevne poslove uz pomoć GIS tehnologije.



Slika 2.5. Dijelovi GIS sustava

Izvor: <https://zir.nsk.hr/>

Sve navedene komponente su podjednako važne jer GIS sustav je temeljen na usklađenosti i kompatibilnosti svih dijelova sustava.

Svatko tko koristi GIS sustav ima priliku da u kratkom vremenu dođe do podataka koji su mu potrebni. GIS sustav može se koristiti u raznim granama i za različite namjene poput kartografije, upravljanja resursima ili znanstvenih istraživanja (Jurišić i Plaščak, 2009.).

2.2.1. Pozitivne i negativne strane korištenja GIS-a

Kao i svaki sustav tako i GIS ima pozitivne i negativne strane. Pozitivne strane primjene GIS tehnologije su bolja točnost podataka, bolje analize i predviđanja, omogućen je pregled, razumijevanje i ispitivanje te interpretacija i vizualizacija podataka, omogućena je analiza podataka da bi se istražile različite lokacije, korisnici imaju mogućnost vizualizirati dobivene informacije o prostoru i na taj način stvarati karte s prikazanim slikama.

Negativne strane primjene GIS tehnologije leže u tome što su to skupi sustavi, zahtijevaju stručne osobe koje izvršavaju prilagodbu sustava korisniku i njegovim potrebama, sustavi su složeni, potreban je odgovarajući procesor i veliki prostor za pohranu na računalu, potrebno je unesti veliku količinu podataka kako bi sustav bio relevantan, u nekim slučajevima moguće je narušavanje privatnosti korisnika, ograničena je dostupnost podataka koji se koriste za analizu određenog područja, otežana je integracija s tradicionalnim kartama. <https://www.rfwireless-world.com>, <https://www.online-sciences.com>

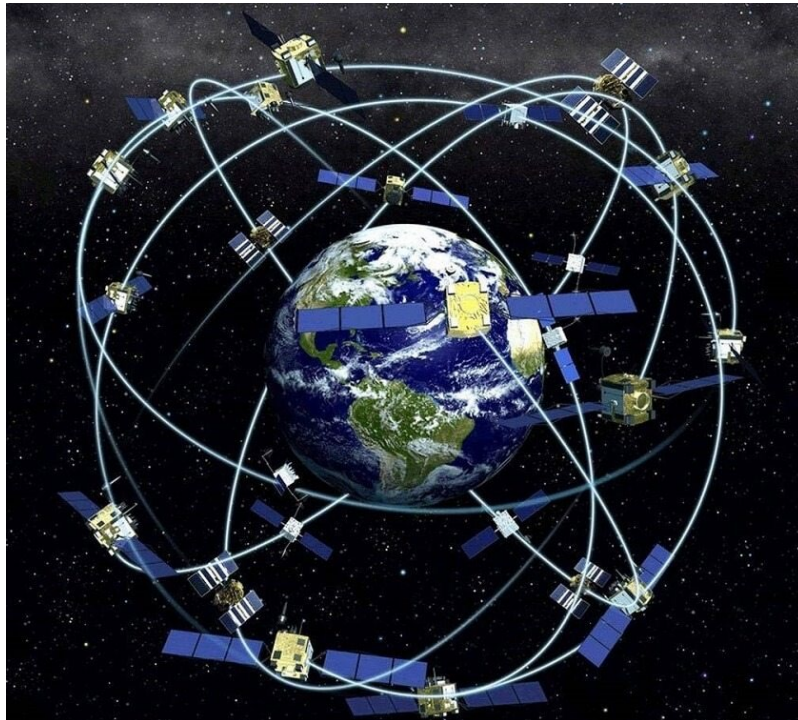
2.3. Sustavi navigacije

GPS je kratica za globalni sustav pozicioniranja (eng. - Global Positioning System). GPS predstavlja mrežu satelita koji kontinuirano odašilju kodirane informacije uz pomoć kojih se omogućava precizno određivanje položaja na Zemlji.

Mogućnost uporabe GPS-a je na svim mjestima gdje je moguć prihvatanje signala, dok je onemogućen na mjestima gdje nije moguće primiti signal satelita kao što su tuneli, unutrašnjost zgrade, špiljama, garažama te pod vodom (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Kvaliteta dobivenih rezultata ovisi o količini satelita koji su dostupni i njihovom položaju, stoga postoje problemi s ograničenom vidljivošću satelita u dolinama, gradskim područjima te velikim gradilištima te dobiveni podaci neće biti pouzdani (Novaković i sur., 2009.).

Sateliti, zemaljske stanice i prijamnici čine tri segmenta globalnog sustava pozicioniranja svemirski, kontrolni i korisnički.

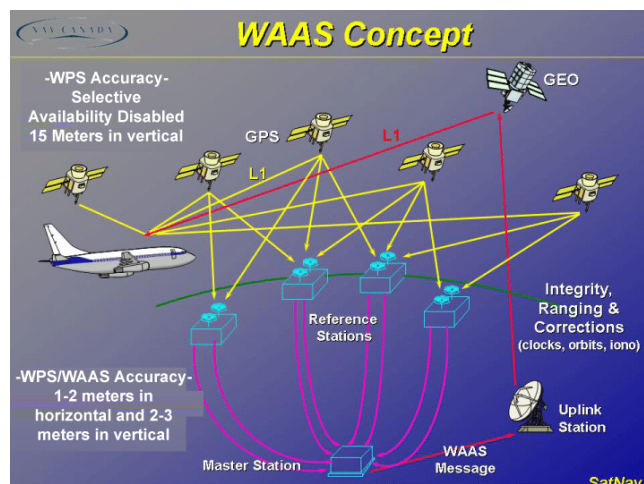


Slika 2.6. Sateliti

Izvor: <https://www.arcweb.com/blog/geographic-information-systems-gis-defined>

Korekcija sa satelita je sustav koji koristi geostacionarni satelit i nekoliko zemaljskih stanica. OmniStar je jedan od takvih sustava.

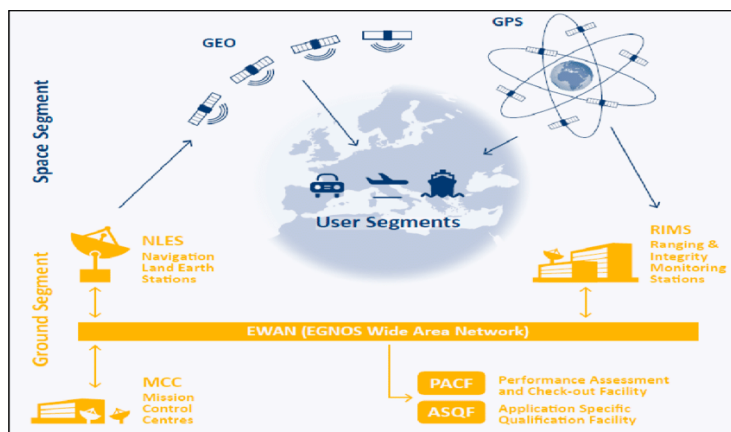
WAAS (Wide Area Augmentation System) je sustav koji je sličan sustavu korekcije sa satelita. Sastoji se od 25 stanica koje se nalaze na zemlji i koje su raspoređene diljem SAD-a i geostacionarnih satelita. Prednost je što je sustav besplatan, ali nedostatak je što je to sustav koji je dva do tri puta niže točnosti od sustava korekcije satelita.



Slika 2.7. WAAS sustav

Izvor: <https://www8.garmin.com/aboutGPS/waas.html>

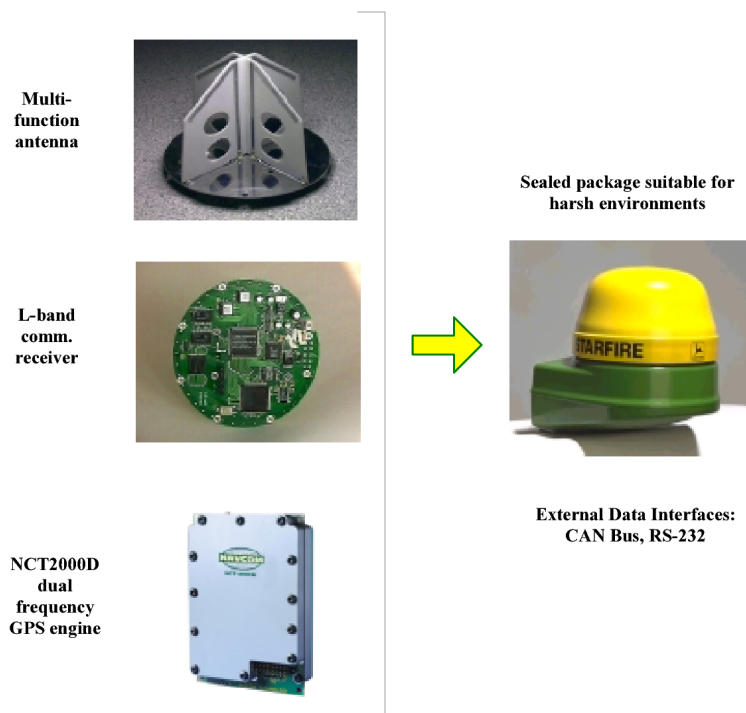
EGNOS je sustav koji sadrži tri geostacionarna satelita i mrežu zemaljskih stanica. Taj sustav predstavlja europsku verziju američkog sustava WAAS. Sustav je besplatan i moguće ga je koristiti diljem Europe, izuzev krajnje sjevernih krajeva, usklađen je s WAAS-om stoga većina jeftinih prijemnika može prihvatiti korekciju od EGNOS-a.



Slika 2.8. EGNOS sustav

Izvor: <https://www.researchgate.net>

Sustavi koji koriste diferencijalnu korekciju sa satelita zovu se dvofrekventni sustavi. Povećanje točnosti sustava sa 75 na 25 cm obavlja se pomoću druge frekvencije geostacionarnog satelita. Jedan od primjera takvih sustava dolazi iz tvrtke John Deere i zove se StarFire – WADGPS. Osim dvofrekventnog GPS prijemnika sadrži i satelitski komunikacijski prijemnik koji služi za prijem diferencijalnog signala.



Slika 2.9. StarFire WADGPS

Izvor: <https://www.semanticscholar.org>

Sustav „drugi prijamnik kao bazna stanica“ je sustav gdje je važno da veću točnost imaju prijamnici baznih stanica nego prijamnici koje se koristi na terenu. Vrlo su skupi i zbog toga ih koriste samo vrlo precizni sustavi kao što je RTK GPS (Gavrić i Martinov, 2006.).

Vrlo precizan sustav je real-time kinematic (RTK) sustav. To je sustav koji postiže preciznost u nekoliko centimetara. Potrebna je lokalna bazna stanica koje se mora nalaziti u radijusu od 5 kilometara, te minimalno 5 satelita kako bi dobiveni rezultat imao centimetarsku točnost. RTK tehnologija nalazi na sve veću upotrebu zbog svoje visoke točnosti i preciznosti. Razvija se i mrežni RTK za nadolazeće sustave pozicioniranja. <https://novatel.com>



Slika 2.10. RTK sustav

Izvor: <https://www.aliexpress.com/item/32348996074.html>

2.3.1. Sustavi povećanja točnosti satelitskih sustava pozicioniranja

Kada je nastao GPS sustav je imao prvenstvenu namjenu u vojne svrhe. Za ispravnost rada sustava važno je emitiranje točnih podataka od strane satelita, zbog toga što na osnovu njih prijamnici izračunavaju poziciju.

Carrier-based tehnika spada u tehniku pozicioniranja koja na osnovu razmjene kodova između prijamnika koji se nalazi na zemlji sa četiri ili više satelita kao rezultat daje točnost pozicije od nekoliko centimetara. Veliku korisnost ima prilikom geodetskih izmjera.

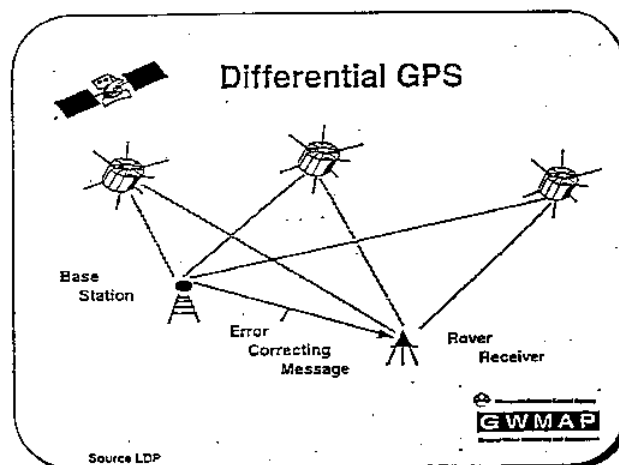
Inercijski navigacijski sustavi pripadaju sustavima gdje se GNSS prijamnik integrira s inercijskim navigacijskim sustavom kako bi izvršili pokrivanje prostora koji nemaju dostupnu GNSS uslugu.

Sustavi koji se temelje na dva ili više prijamnika smještena na točno utvrđenim i precizno izmjerenim mjestima zovu se diferencijalni navigacijski sustavi. Rade na način da referentna stanica izračuna kolika je razlika između utvrđenih fiksnih točaka i položaja koje je izračunao GPS sustav. Nakon toga se izračunata korekcija šalje na prijamnik koji dobivenu korekciju koristi kako bi izvršio pozicioniranje sa što većom točnošću. Preko zemaljskih odašiljača koji imaju kraći domet lokalno se emitira signal. Primjeri takvih sustava su SBAS (engl. Satellite Based Augmentation Systems), GBAS (engl. Ground Based Augmentation Systems), LAAS (engl. Local Area Augmentation Systems), GRAS (engl. Ground-based Regional Augmentation Systems) (Hofmann–Wellenhof i sur., 2008.).

2.3.2. DGPS – Diferencijalni GPS sustav

Standardna metoda poboljšanja sustava navigacije radi na principu postavljenih kontrolnih stanica na točno određenim pozicijama, gdje te stanice izračunavaju korekcijske veličine kao bi se točnije pozicioniralo, a prenose ih korisniku putem radio veza (Kaplan, 1996.).

Način funkcioniranja DGPS je takav da se referentna stanica pozicionira na poznatom položaju, stacionarna stanica zna svoj položaj i određuje pogreške u signalima koje dobiva od satelita. To radi na način da mjeri udaljenost do svakog satelita koristeći signale koji dolaze i uspoređuje ih sa udaljenostima koje su izračunate iz položaja koji su poznati. Diferencijalna korekcija se definira kao razlika između izmjerene udaljenosti i udaljenosti koja je izračunata za svaki vidljivi satelit.



Slika 2.11. Princip rada DGPS sustava

Izvor: <https://www.maritimeprofessional.com/blogs/post/dgps-13313>

Ovisno o metodi rješenja, načinu na koji se prenose podaci, točnosti i formatu podataka postoje tri vrste usluga koje korisnik može odabrati.

DSP je diferencijski servis koji pozicionira u realnom vremenu i njegova točnost je 0,5 metara. Njegova namjena je upotreba u zaštiti okoliša, poljoprivredi, navigaciji, šumarstvu i geoinformacijskom sustavu.

VPPS se ubraja u visoko precizne pozicijske servise centimetarske točnosti koji glavnu namjenu ima u katastarske svrhe, geodeziji i izmjeri granica.

GPPS predstavlja geodetski precizni servis pozicioniranja, čija je točnost manja od centimetra i uglavnom se koristi u znanstvenim i geodinamičkim istraživanjima.
<https://zir.nsk.hr>

Diferencijalni GPS (DGPS) sustav se koristi kako bi se povećala preciznost određivanja položaja na područjima gdje primjena GPS usluge standardnog pozicioniranja nije dovoljna.
<https://www.researchgate.net>

Sustav Eurofix služi za poboljšanje točnosti. Kombinira zemaljske i satelitske navigacijske sustave i emitira diferencijske korekcije za GPS/GLONASS sustav. Njegov prijammnik spojen je na spomenuti sustav, dekodira signal diferencijske korekcije i omogućava bolju točnost pozicioniranja. <http://www.nels.org>

3. Automatski sustavi navođenja strojeva u obradi tla

Oranje spada u radne operacije koje se koriste na većini poljoprivrednih površina. Kako bi se ostvarili što bolji rezultati i uštede na današnjim plugovima koji se primjenjuju u sustavima precizne poljoprivrede koriste se osjetnici koji precizno određuju dubinu rada.

Primjenom GNSS-a i njegove preciznosti omogućeno je oranje izvan brazde (eng. – on land) odnosno način u kojem kotači traktora gaze po dijelu tla na kojem nije izvršena radna operacija oranja.

Visoka razina točnosti pozicioniranja neophodna je za ostvarenje tog cilja. Potrebno je korištenje bazne stanice koja služi za korekciju satelita odnosno njegovog signala za ostvarivanje visoke točnosti. Kada je riječ o vario plugovima GNSS sustav radi na način da obavlja korekciju radnog zahvata pluga i na tako postigne idealno ravnu brazdu. Korištenje automatskog upravljanja traktorom kod oranja omogućava idealno ravnu brazdu bez obzira o veličini površine. (Agatić, 2019.)



Slika 3.1. GNSS sustav

Izvor: <https://www.euspa.europa.eu/newsroom/news/gnss-centre-revolution-agriculture>

Upravljanje strojevima koji posjeduju radni zahvat 6 m ili više izrazito je teško bez pogreške. Kod obrade tla tanjuračama, sjetvospremačima ili rovilima dolazi do spajanja prohoda odnosno preklapanja. To preklapanje najčešće iznosi 50 do 80 cm pri radu po danu, te 60 do 100 cm kod rada noću. Zbog navedenih preklapanja smanjen je učinak rada za 10 do 15% te se isto tako za toliko povećava trošak za dopunsku obradu tla. Još jedan problem do kojeg dolazi je slaba vidljivost i razlikovanje obrađenog i neobrađenog dijela, što uzrokuje naprezanje i umaranje rukovatelja. Do ovog problema osobito dolazi kod rada noću. Korištenjem navigacijskih uređaja u obradi tla mogu se ostvariti uštede u iznosu od 10 do 15%. Ako se radi o noćnom radu uštede su i veće. (Agatić, 2019.)

3.1. Farmnavigator G7

Farmnavigator G7 je navigacijski uređaj čija je namjena detaljna obrada poljoprivrednih površina. Može se koristiti prilikom sjetve, zaštite usjeva i gnojidbe. Odlikuju ga slijedeće karakteristike: jednostavan i praktičan za uporabu, zaslon na dodir veličine 7 inča, otporan na prašinu, vodootporan, posjeduje jednostavno grafičko sučelje.

Korištenjem Farmnavigator sustava rad se obavlja brže i jednostavnije, smanjuje se trošak sjemena, gnojiva i pesticida, smanjuje se potrošnja goriva te se povećava produktivnost i isplativost proizvodnje. <https://agromehanika.eu>



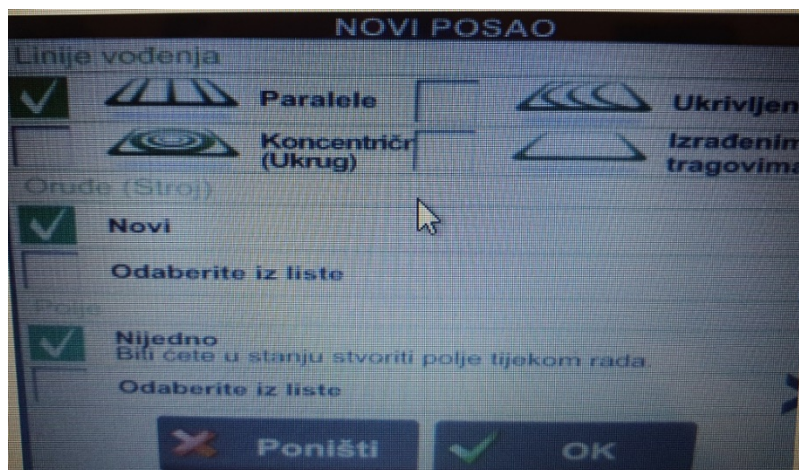
Slika 3.2. Uređaj Farmnavigator G7

Izvor: <https://agromehanika.eu/hr/katalog/proizvod/navigacija-avmap-gps>

3.1.1. Način korištenja Farmnavigator uređaja

Uređaj i antena se montiraju te se može krenuti s korištenjem uređaja. Nakon uključjenja uređaja nailazi se na izbornik s 5 izbornih područja: *Polja*, *Zadatci*, *Oruđa (Strojevi)*, *Postavke* i *Pregled rada*. Ako je riječ o prvom korištenju bira se opcija *zadatci*, a ako je uređaj već korišten ulazi se u opciju *polja*. Kod prvog korištenja u opciji *zadatci* odabire se opcija *izradi novo* te u slijedećem izborniku *novi posao*.

Nakon odabira opcije *novi posao* bitno je učiniti slijedeće korake: napraviti granice polja, odabere se širina radnog zahvata stroja i linije vođenja po kojima će se raditi.



Slika 3.3. Opcija novi posao na uređaju Farmnavigator G7

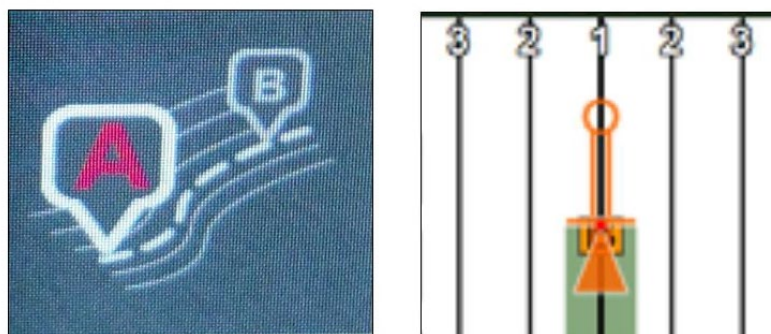
Izvor: <https://repozitorij.fazos.hr>

Izrada granice polja obavlja se tako da se na uređaju pritisne ikona olovke i traktor vrši kretanje po granicama polja, nakon što se traktor vrati u početnu točku ponovno se pritisne ikona olovke i granice polja biti će vidljive na ekranu, a sustav vrši automatski izračun površine polja.

Kada se odabere oruđe za rad na ekranu se prikaže izbornik u kojem se namješta radni zahvat stroja. Radni zahvat se može namještati u centimetre. Takva mogućnost od velike je koristi kod precizne sjetve.

Kod odabira *linija vođenja* nude se četiri mogućnosti: paralele, koncentrično, ukrivljeno i izrađenim tragovima. Odabir linije vođenja obavlja se nakon što su utvrđene granice polja.

Paralele je najbolje koristiti kod polja kvadratnog oblika. Nakon utvrđenih granica polja i radnog zahvata stroja, te prvog proхода na zaslonu se pojavljuju virtualne paralelne linije međusobno udaljene za duljinu radnog zahvata stroja.

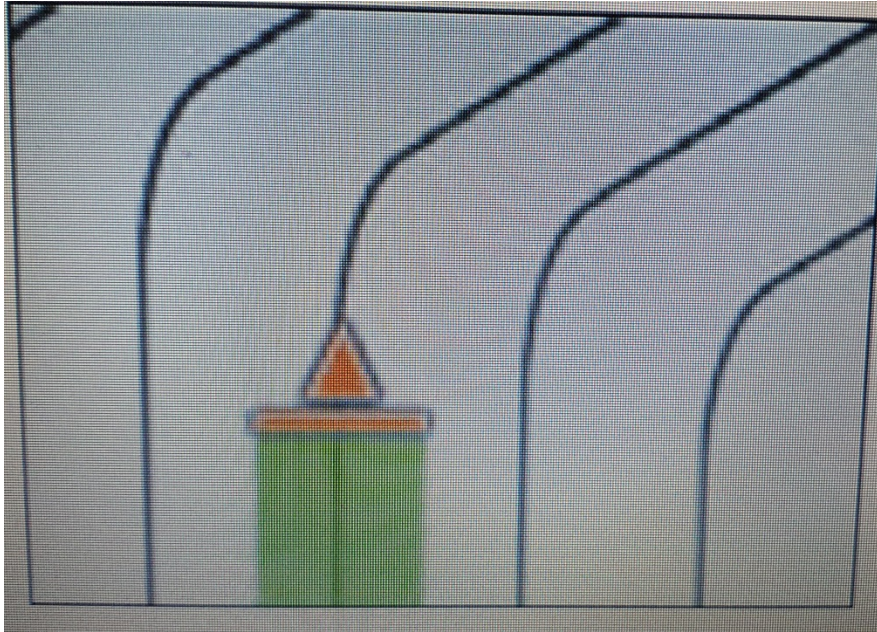


Slika X. i Slika X. Ikona „A“ i paralelne linije vođenja.

Slika 3.4. Paralele

Izvor: <https://repozitorij.fazos.hr>

Ukrivljene linije za vođenje najbolje je koristiti kod zakrivljenih granica polja. Princip rada je isti kao i kod sustava paralela. Razmak između linija jednak je cijelim poljem i odgovara radnom zahvatu agregata.



Slika 3.5. Ukrivljene linije

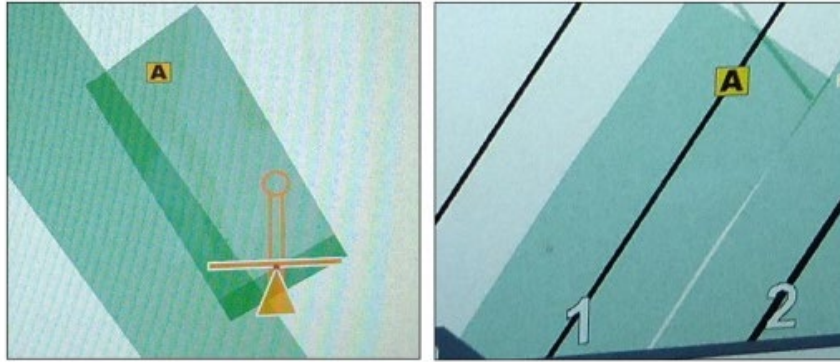
Izvor: <https://repozitorij.fazos.hr>

Koncentrične linije za vođenje agregata primjenjuju se kod poljoprivrednih površina koje nemaju pravokutan oblik. Kod ovog načina se granice polja utvrđuju vožnjom uz obod polja. Nakon što se unese radni zahvat stroja i obavljenog prvog prohoda program navigacijskog uređaja izračunava i prikazuje koncentrične linije za vođenje po cijeloj površini.

Linija vođenja izrađenim tragovima se primjenjuje kod vinograda, jer su linije izravnavaanja već određene. U ovom slučaju navigacija se koristi za prikaz obrađenog dijela, a ne za vođenje.

Na gornjem dijelu zaslona može se iščitati odstupanje od zamišljene linije. Prikazuje točni iznos odstupanja i na koju stranu vozač mora usmjeriti volan.

Dio polja koji se obradio na ekranu je označen svijetlozelenom bojom, ukoliko se slijedeće prohod poklapa sa prethodnim, dio na kojem je došlo do preklapanja površine označen je tamno zelenom bojom. Ako dolazi do preklapanja važno je prilagoditi smjer kretanja.



Slika 3.6. Preklop

Izvor: <https://repozitorij.fazos.hr>

Ovaj sustav nudi i mogućnost automatske kontrole sekcije gdje se uređaji za doziranje isključuju ukoliko je sustav prepoznao da dolazi do preklapanja. Osobito je koristan na većim površinama gdje dolazi do gubitka koncentracije kod rukovatelja.

Prema istraživanju Crneković (2015.) korištenje sustava Farmnavigator G7 donijelo je uštede kod aplikacije pesticida i gnojidbe mineralnim gnojivima gdje su se preklapanja smanjila sa 1,26 m širine preklopa na 0,2 m širine preklopa površina. Iz istog istraživanja vidljivo je da se širine preklopa kod tanjurača, drljača, prorahljivača kreću od 0,21 do 0,28 m bez upotrebe navigacijskog uređaja, dok je primjenom navigacijskog uređaja taj preklop iznosio 0,2 m.

4. Primjena automatskih sustava navođenja kod sjetve

Prva veza precizne poljoprivrede i precizne sjetve dolazi kod sjetve okopavina, zbog toga što su okopavine kulture koje se siju u redove s točno određenim načinom. Da bi biljka mogla ostvariti nesmetani rast i razvoj nužan joj je dovoljan prostor. Za uspješnu sjetvu važno je da određena količina sjemena završi na odgovarajućim mjestima uz minimalno gubljenje sjemena. Za ostvarenje tog cilja nužno je koristiti alate precizne poljoprivrede, kao što su automatsko upravljanje traktorom, tehnologija promjenjive količine sjemena, automatska kontrola sekcija i nadzor protoka sjemena.

Sijačice koje danas koristimo u sjetvi okopavina, posjeduju za svaki red poseban pogonski elektromotor koji po nalogu središnjeg procesora bilo kada vrši sjetvu sjemena na željenom razmaku. Također na sijačicama se nalaze i optički osjetnici koji služe za detektiranje posijanih sjemenki, te dobivene informacije šalju u bazu podataka kako bi se kasnije mogao analizirati broj posijanih sjemenki u redu i gdje se one nalaze. Takvim načinom štedi se sjeme i pružaju optimalnu uvjeti za rast i razvoj biljke.

Za uspješnu sjetvu potrebno je unaprijed pripremiti karte sjetve kako bi sijačica izvršila sjetvu prema zadanim podacima. Prilikom sjetve na parcelama nepravilnog oblika, sijačica će sjetvu obaviti bez preklapanja na točno definiranom razmaku. S obzirom da nema preklapanja štedi se sjeme i smanjuju troškovi proizvodnje.

4.1. Sijačica Horsch Pronto 8 DC

Horsch Pronto je kombinirano oruđe koje se koristi za istovremenu obradu tla i preciznu sjetvu. Može ostvariti brzinu do 15 km/h te ima mogućnost opremiti se deponatorima gnojiva. Spada u sijačice najnovije generacije i omogućava preciznu sjetvu. Precizno ulaganje sjemena, velika brzina sijanja i tolerancija svojstava tla za sjetvu su karakteristike koje se traže i kojima sijačica Horsch Pronto odgovara. Zbog svega navedenog sijačica ima visok koeficijent iskorištenja radnog vremena, te u jednom danu može posijati do 150 hektara.

<https://repositorij.fazos.hr>



Slika 4.1. Sijačica Horsch Pronto 8 DC

Izvor: <https://www.horsch.com/en/products/seeding-technology/disc-seed-drills/pronto-dc>

4.1.1. Radne karakteristike sijačice Horsch Pronto 8 DC

Sijačica ima transportu širinu od 3 metra, te transportnu visinu u iznosu od 3,70 metara. Duljina joj iznosi 8,25 metara od točke priključenja na traktor do krajnje točke. Radna širina joj iznosi 8 metara. Posjeduje spremnik od 4000 litara. Zbog svojih karakteristika ima mogućnost sjetve većine ratarskih kultura.

Dubina sjetve može iznositi od 0 do 100 milimetara. Kada se govori o količini izbačenog sjemena po hektaru ona može iznositi od 2 kilograma do 500 kilograma po hektaru ovisno o kojoj je kulturi riječ. Traktor koji je potreban za vuču sijačice „Horsch Pronto“ mora imati snagu od 155 do 215 kW. Radna brzina sijačice je 10 do 20 km/h.

<https://repozitorij.fazos.hr>

Priključenje sijačice obavlja se na dva mjesta na hidrauličnim polugama. Također obavlja se priključenje upravljačkog sustava sijačice, hidrauličnog sustava koji pogoni ventilator, kočionog sustava i rasvjetnog sustava.

Na sijačici postoje dva razdjelnika sjemena, koji vrše diobu i provođenje sjemena i gnojiva do raonika. Na razdjelniku se nalaze motorni zasuni koji služe za upravljanje voznim prolazima, te osjetnici koji služe za kontrolu protoka sjemena. Ukoliko dođe do promjene količine sjemena i gnojiva tijekom sjetve osjetnici alarmiraju rukovatelja.

4.2. Navigacijski uređaj Ag Leader

Navigacijski uređaj Ag Leader koristi se za navigaciju agregata u preciznoj poljoprivredi, dolazi iz tvrtke Ag Leader koja se smatra jednom od vodećih kada je riječ o inovacijama u

području navigacijski uređaja. Monitor i antena su oprema koju uređaj „Ag Leader“ koristi prilikom sjetve.



Slika 4.2. Navigacijski uređaj Ag Leader

Izvor: <https://www.agleader.com/>

Monitor imena „Integra“ je monitor u boji osjetljiv na dodir te je lako čitljiv. Ima ugrađeno ručno vođenje, moguće je mapiranje na cijelom ekranu, mogućnost kontrole sijačice i ostalih priključaka, moguće je obavljati kontrolu žetve te prikupljati podatke u stvarnom vremenu. <https://www.agleader.com/>

Monitor „Integra“ posjeduje slijedeća karakteristike: ekran u boji veličine 12,1 inča razlučivosti 1024x768 točaka, 4GB interne memorije, kontrola priključka „direct command-om“, također posjeduje i „seed command module“, moguć je pregled mape u 3D, podržava skoro sve „NMEA“ GPS prijamnike, ima mogućnost automatskog prepoznavanja polja, posjeduje naprednu GPS dijagnostiku, priključak za USB, podršku za video kameru i senzor osjetljiv na svjetlo. <https://findri.hr/>



Slika 4.3. Monitor Integra

Izvor: <https://www.agleader.com/blog/new-ag-leader-integra-display-from-ag-leader-combines-guidance-steering-and/>

Antena koju koristi „Ag Leader“ zove se „ParaDyme“. Riječ je o GPS anteni koja zapravo koristi dvije GPS antene kako bi omogućila veliku preciznost. Ima niz prednosti poput pouzdanosti, mogućnosti da se prati stroj za vrijeme dok antena radi, moguća nadogradnja sustava pomoću modema ili USB memorije, izbornik se koristi za precizno navođenje, moguće je obaviti lokalnu korekciju bez smetnji.



Slika 4.4. ParaDyme antena

Izvor: <https://www.bigiron.com/Lots/AgLeaderParadymeGPSAntennaReceiver>

4.3. Markeri

Kod sjetve okopavina zbog zaštite i berbe usjeva nužno je osigurati pravilno spajanje prohoda. Iz tog razloga sijačice posjeduju uređaje koji ostavljaju trag na tlu. Uređaji mogu biti različitih izvedbi, a najčešće je to oblik tanjura ili raončića. (Zimmer i sur., 2009.)

Markeri su uređaji koji rade tragove, dok su nišani ili pokazivači traga dijelovi koji služe za praćenje tragova. Prednji pneumatiki traktora se najčešće koriste kao pokazivači traga. Prilikom sjetve markeri ostavljaju mali jarak po kojem se kod idućeg prohoda kreće sredina sjetvenog agregata ili pneumatika traktora. (Zimmer i sur., 2009.)

Markeri se podešavaju pri prvoj instalaciji na radnu širinu. Kod sijačice Horsch Pronto markiranje se obavlja po sredini traktora. Zbrajanjem polovice širine stroja i polovice odstojanja ulagača kada se mjeri od sredine vanjskog šiljka dolazi se do duljine podešavanja markera.

5. Primjena automatskih sustava navođenja u prihrani usjeva

Kvalitetna gnojidba odnosno prihrana usjeva ima veliki utjecaj na krajnji prinos. Ukoliko je prihrana obavljena na neadekvatan način dolazi do neravnomjerne raspodjele mineralnog gnojiva na parceli. Na pojedinim mjestima dolazi do suficita gnojiva odnosno viška dok na drugim dijelovima parcele nastupa deficit odnosno nedostatak gnojiva.

Izostavljanjem prihrane iz poljoprivrednog proizvodnog ciklusa tlo se osiromašuje i dolazi do smanjenih prinosa.

5.1. AgLeader OptRx osjetnik

„Ag Leader OptRx“ osjetnici predstavljaju osjetnika usjeva koji mjere potrebu usjeva za dušikom i nude preporučenu količinu aplikacije, a sve u svrhu veće dobiti. OptRx osjetnik radi na način da uz pomoć refleksije svjetlosti na biljci mjeri i bilježi podatke o usjevu.

Razvojem nove tehnologije *Virtual refernce strip* (Virtualne referentne trake) olakšan je izračun apliciranja dušika, te nije potrebna prethodno izrađena karta koja se temelji na podacima o prinosu.



Slika 5.1. OptRx osjetnik

Izvor: <https://findri.hr/ponuda/ag-leader-optrx-senzor/>

Red – edge tehnologija emitira svjetlost i omogućava preciznije očitavanje stanja biljke kod velike vegetativne gustoće. Tehnologija je od velike korisnosti u kasnijoj fazi razvoja biljaka.

Vidno polje osjetnika na visini iznosi 0,6 što znači ako se osjetnik nalazi 1 m iznad površine vidno polje osjetnika će biti širine 0,6 m. Na rasipaču širine zahvata 24 m postavlja

se 4 osjetnika. Prvi osjetnik je postavljen 3 m od sredine na obje strane stroja, drugi osjetnik se postavlja 9 m od sredine. <https://repozitorij.fazos.hr/>

Idealna visina za postavljanje osjetnika kako ne bi došlo do preklapanja je 0,75 do 1,5 m iznad tla.

Karakteristike OptRx osjetnika su: koristi tri valne duljine za određivanje zdravlja biljaka, otkriva sadržaj biomase i klorofila biljke, daje kvalitetne rezultate u svim fazama rasta i razvoja biljke, skenira biljku od vrha prema dnu kako bi dobio stvarnu sliku biljke i način na koji ona apsorbira svjetlost, ne ovisi o sunčevoj svjetlosti već sam emitira vlastiti izvor svjetla koji se temelji na biljnoj masi usjeva i reflektirane svjetlosti, podešavanje je moguće na prednjim dijelovima stroja fiksno ili na pomičnim dijelovima kao što je na primjer grana prskalice.

Prednosti OptRx osjetnika su: smanjuje primjenu dušika u područjima bogatima dušikom, povećava potencijalan prinos u područjima polja siromašnijima dušikom, smanjuje nagomilavanje dušika u polju, poboljšava potencijalne prinose za usjeve. <https://repozitorij.fazos.hr>

Upotreba OptRx osjetnika dovela je do otkrića stresa u usjevima pšenice u početnim i kasnim fazama rasta i razvoja biljaka. Osjetnik također daje i precizne vrijednosti vegetacijskog indeksa biljke i u prašnjavim uvjetima.

Načini na koje OptRx osjetnik dozira dušik su slijedeći:

- Najniži iznos dušika je minimalan iznos koji rukovatelj može primijeniti po hektaru.
- Maksimalni iznos je najveća količina dušika koju rukovatelj može primijeniti po hektaru površine.

Nulti iznos nudi mogućnost rukovatelju da definira mrtve usjeve i golo tlo senzorom. Kada osjetnici očitaju iznos ispod nule dušik se ne aplicira. Ukoliko osjetnik očitava vrijednost između nule i minimalne aplicirat će se minimalna količina dušika.

6. Primjena automatskih sustava navođenja u zaštiti usjeva

Kod usjeva postoje mogućnosti pojave bolesti, korova i štetnika koji nanose štetu usjevu i smanjuju prinos. Öerkeu (2005.) navodi da bez upotrebe zaštitnih sredstava i drugih mjera zaštite gubitak prinosa u svijetu bi iznosio 50% mogućeg prinosa. Glavni problem pretjeranog korištenja pesticida je zagađenje okoliša i podzemnih i površinskih voda.

Ukupna potrošnja pesticida u koje se ubrajaju herbicidi, fungicidi i zoocidi u 2015. godini iznosila je 2.047.468 kilograma aktivne tvari, dok je prosječna potrošnja po hektaru iznosila 1,43 kg. Postoje i kulture u kojima je potrošnja znatno veća od prosječne kao kod vinove loze (10,7 kg), voćnjaka (5,6 kg) i duhan (5,5 kg). U Republici Hrvatskoj postoji silazni trend potrošnje pesticida. <https://hrcak.srce.hr>

Kod žitarica veliki problem stvaraju travnati i širokolisni korovi. Novija istraživanja su pokazala da je šteta od korova kod ozimih žitarica, gdje se oni ne suzbijaju 14,2%. S prosječnim prinosima od 4,5 do 7 tona po hektaru dolazi se do gubitka od 639 do 994 kilograma žitarica po hektaru. <https://www.cropscience.bayer.hr>, <https://privredni.hr>

Iz tog razloga nužna je upotreba pesticida kako bi se ostvario što bolji prinos, međutim treba voditi računa i o okolišu te pravilnoj dozi kako nebi došlo do prekomjerne upotrebe repromaterijala.

Crneković (2015.) u svom istraživanju navodi da je preklapanje površina pšenice i ječma kod aplikacije pesticida, s ukupno četiri tretiranja u sezoni, na ukupnoj površini od 350 hektara, iznosilo 87.645 hektara, dok je primjenom navigacijskog uređaja taj broj smanjen na 14.799 hektara. U istom istraživanju navodi se da je na površini od 50 hektara pod kukuruzom preklapanje iznosilo 3.130 hektara bez uporabe navigacije, a primjenom navigacijskog uređaja površina preklopa je iznosila 0,529 hektara. Kod uljane repice i 3 tretiranja u sezoni, na površini od 50 hektara, preklapanje bez navigacijskog uređaja je iznosilo 9.390 hektara, a upotrebom navigacijskog uređaja 1.586 hektara.

Navedeni podaci pokazuju kolike uštede pruža korištenje navigacijskih uređaja u aplikaciji pesticida.

6.1. Amazone UG 3000 Special

Amazone UG 3000 Special je vučena prskalica zapremine 3.200 litara i krilima radnog zahvata 28 m. Njene prednosti su stabilna, lagana i kompaktna krila, crpka velikog kapaciteta, jednostavna računala za korištenje, velika stabilnost u radu.

Na prskalici je moguće podešavati širinu traga od 1,5 do 2,25 m. maksimalna brzina kretanja je 40 km/h.



Slika 6.1. Amazone UG 3000 Special prskalica

Izvor: <https://www.lectura-specs.com>

Prskalica posjeduje upravljačku jedinicu naziva Amatron 3, koja se sa GPS prijarnikom povezuje na Amabus sustav prskalice. Amabus predstavlja kontrolnu sabirnicu za proizvode tvrtke Amazone.



Slika 6.2. Amatron 3 upravljačka jedinica

Izvor: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/amatron-3-operator-terminal-57956>

Pomoću upravljačke jedinice upravlja se i nadzire rad prskalice na način da upravljačka jedinica učitava lokaciju stroja preko GPS prijarnika. Radni zahvat prskalice podese se u postavkama upravljačke jedinice. Isto tako podešava se i udaljenost središta prskalice od položaja GPS antene.

Na prskalici se nalaze elektro-ventili koji omogućuju funkcioniranje prskalice rad svake sapnice zasebno uz pomoć električne struje. Kada se uključi prskalica upravljačka jedinica označava površinu na kojoj je tretiranje obavljeno. Kada dođe do preklapanja upravljačka jedinica isključuje sapnice koje se nalaze u preklapanju.

7. Primjena automatskih sustava navođenja prilikom žetve

Da bi se ostvarila što veća preciznost prilikom žetve na kombajnama se koriste moderni sustavi precizne poljoprivrede koji pomažu kod upravljanja i kontroliranja kombajna za vrijeme žetve. Uporabom tih sustava vozač kombajna je djelomično rasterećen i može se posvetiti drugim poslovima kao što su punjenje prikolice u hodu.

Sastavni dio opreme današnjih žitnih kombajna su navigacijski uređaj i pripadajući monitori (Martinov i sur., 2005.).

Korištenjem navigacijskih uređaja te uporabom sustava za navođenje u žetvi je moguće ostvariti uštede od 2,24 eura po hektaru u prosijeku (Višacki i sur., 2018.).

Za precizno kretanje kombajna po površinama prilikom žetve koristi se navigacija pomoću satelita. Preciznost ovisi o mogućnostima i kvaliteti uređaja za navigaciju koji se nalazi na kombajnu, te o kvaliteti i preciznosti signala.

Uređaji za navigaciju koji se koriste na kombajnama moraju ispunjavati visoke zahtjeve točnosti. To je naročito bitno kod mehaničkog uništavanja korova u usjevima gdje se traži preciznost u nekoliko centimetara i manje.

Uz pomoć DGPS i GPS prijamnika omogućen je prikaz kombajna na točnoj lokaciji na površini, prikazuje se pravac kretanja, te kolika je ušteda vremena i energije ostvarena.

Kod berbe kukuruza automatsko navođenje postignuto je na način da su postavljena dva dodirna ticala koja se nalaze između para razdjeljivača na hederu. Ticala rade tako da ukoliko se razdjeljivač ne kreće po sredini između redova, jedno od ticala se pod pritiskom stabljike potiskuje i tako obavlja djelovanje na osjetnik koji putem servo ventila djeluje na upravljački modul. Zbog djelovanja modula kotači se zakreću i kombajn korigira pravac kretanja. Zbog toga što su stabljike strnih žitarica manje čvrstoće ovakav način automatskog vođenja se ne primjenjuje kod njih. (Agatić, 2019.)

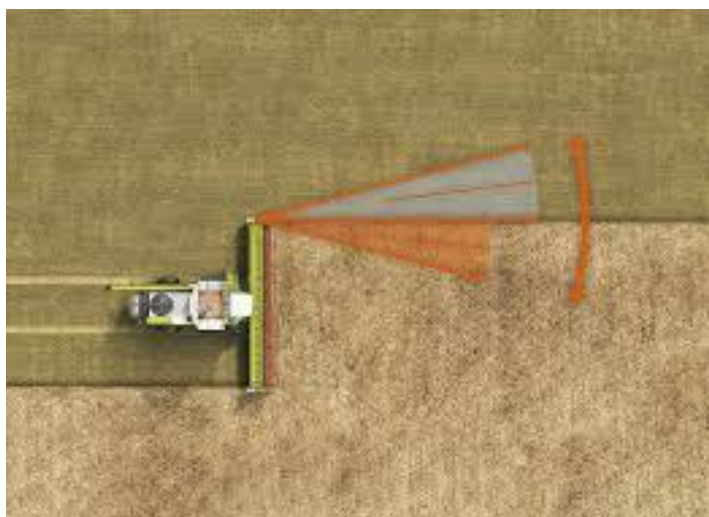


Slika 7.1. Mehanički osjetnici (tiala) na kombajnu

Izvor: <https://www.claas.co.uk/>

7.1. Upravljanje pomoću lasera

Za navođenje kod žetve uskorednih kultura koristi se navođenje pomoću lasera. Takvo rješenje nudi kombajn Claas Lexion. Na kombajnu se nalaze dva laserska osjetnika koji imaju mogućnost pomicanja za 6 stupnjeva u lijevo i desno. Radi tako da lijevi osjetnik emitira infracrvene zrake frekvencije 60 MHz, a desni osjetnik apsorbira zrake koje se odbijaju od stabljike ili strništa. Područje djelovanja uređaja je 14 metara duljine i 3 metra širine. Ako se podaci koji su dobiveni ne slažu s rubom usjeva mijenja se pravac gibanja. Ovaj uređaj pruža visoku učinkovitost i na polegnutom te zakorovljenom usjevu zbog toga što osjetnici laserskog uređaja rub usjeva prepoznaju i po visini i po boji. Uz pomoć laserskog pilota osigurava se automatsko vođenje kombajna uz puni radni zahtjev te preciznost koja iznosi 10 do 15 centimetara. (Agatić, 2019.)



Slika 7.2. Kombajn navođen laserom

Izvor: <https://www.claas.co.uk/>

7.2. Osjetnici prinosa

Svi moderni kombajni posjeduju sustav za kartiranje prinosa. Dijelovi sustava su osjetnik protoka zrna, GPS prijatelj i display. Rade tako da osjetnik prinosa obavlja pretvaranje analognog signala (impulsa-udar zrna o osjetnu ploču) u digitalni signal koji se očitavaju na ekranu računala. Takav sustav se primjenjuje kod žitnog kombajna.

Za točne podatke o prinosu uz osjetnike prinosa potrebni su i sustavi za navigaciju. Bez podataka o lokaciji stroja senzor bi mjerio samo količinu zrna, dok je podatak koji je potreban količina zrna po jedinici površine. Količina prinosa po jedinici površine je podatak od izrazite važnosti za planiranje daljnjih agrotehničkih mjera. <https://repositorij.fazos.hr>

7.3. John Deere GreenStar Lightbar

John Deere GreenStar Lightbar je navigacijski uređaj koji koristi LED diode. Uređaj ima dva dijela, antenu koja prima DGPS ili GPS signal te uređaj koji prikazuje kretanja. Prikazuje položaj kombajna na površini u odnosu na prvi prohod kombajna. Korigiranje pravca kretanja se obavlja upotrebom LED dioda na zaslonu u kabini da bi prohod bio paralelan sa prethodnim.

Na uređaju se nalazi 27 LED dioda koje pokazuju ide li kombajn dobrim putem ili ne. Olakšano je upravljanje jer uređaj pomoću svjetala pokazuje da li treba skrenuti lijevo ili desno. GreenStar Lightbar sustav štedi novac i vrijeme potrebno za rad. Ostvaruje odlične rezultate i u otežanim uvjetima kao što su magla, prašina ili noć. Može se samostalno koristiti ili kao dio GreenStar 1800 ili GreenStar 2630 displeja. Neki poljoprivrednici navode da su uz pomoć John Deere GreenStar Lightbar sustava smanjili preklapanja za 5%. <http://www.deere.com>



Slika 7.3. GreenStar lightbar
Izvor: <http://salesmanual.deere.com>

8. Primjena automatskih sustava navođenja u voćarstvu i vinogradarstvu

Kada se zbroje radni sati po jedinici proizvoda uzgoj voćnih vrsta i vinove loze ubraja se u jedne od najzahtjevnijih grana poljoprivrede. S obzirom na visoku količinu radnih sati to podrazumijeva i visoke troškove (Sito i Bilandžija, 2013.).

Kako bi se ostvarila ekonomski isplativa, precizna i produktivna proizvodnja nužna je upotreba GNSS-a (*engl. Global Navigation Satellite System*). Uz pomoć korištenja GNSS sustava moguća je realizacija navigacije strojeva i opreme koju koristimo u trajnom nasadu, prilikom obrade tla te drugim agrotehničkim mjerama u voćarsko-vinogradarskoj proizvodnji. Također uz pomoć GNSS-a moguća je uporaba bespilotnih sustava koji omogućavaju rano detektiranje bolesti u trajnim nasadima (Sito i sur., 2015.).

Sito i sur. (2013.) u svom su istraživanju utvrdili da primjenom GNSS sustava, odnosno primjenom DGPS sustava u sadnji maslina moguće je ostvariti odstupanja od samo 1 do 3 centimetara, dok je kod primjene lasera odstupanje bilo veće, a radni učinak manji. Glavna prednost GNSS-a u sadnji maslina je to što omogućava preciznu sadnju i na nepravilnim odnosno neravnim površinama.

Upotreba sustava precizne poljoprivrede nužna je u svim dijelovima proizvodnog procesa kako bi proizvodnja bila isplativa.

Uz dobro pripremljen teren važna stavka je i sadnja. Sadilice višegodišnjih nasada pojavljuju se krajem prošlog stoljeća i omogućile su njihovu bržu i lakšu sadnju. Održavanje jednakog razmaka između i unutar redova njihova je glavna karakteristika. Te dvije stavke su izrazito bitne zbog toga što kad se trajni nasad podigne teško je ili čak i nemoguće napraviti ispravke i korekcije (Prekalj, 2013.).

8.1. Sadnja vinove loze i maslina

Za potrebe izrade diplomskog rada na području Istarske županije u svibnju 2012. godine provedeno je istraživanje primjene različitih sustava navođenja i njihov utjecaj na preciznost i uspješnost sadnje vinove loze i maslina.

Za potrebe istraživanja korištene su sadilice Wagner Champion Balance i Clemense Ips. Na sadilice Wagner koristile su se metode laserskog i GPS navođenja, dok se na sadilici Clemense koristio GPS sustav navođenja.



Slika 8.1. Sadilica Wagner

Izvor: <https://agrosad-germany.com/sadnja-vinograda/>



Slika 8.1. Sadilica Clemense

Izvor: <https://docplayer.rs/116318083-1-uvod-1-1-op%C4%87enito-o-gis-u-i-preciznoj-poljoprivredi-uvo%C4%91enjem-gis-geografski-informacijski-sustav-i-gps-globalni-pozicijski-sustav-tehnologija.html>

Stavke koje su određivale kvalitetu provedene sadnje su se donosile na stanje sadnica, razmak između redova i u redu te dubina sadnje. <https://repozitorij.unios.hr>

8.1.1. Sustav navođenja laserom

Dijelovi sustava za navođenje laserom su laserski uređaj i laserski prijamnik. Laserski uređaj radi tako da šalje signal na laserski prijamnik koji je povezan na hidrauliku sadilice i omogućava pomicanje sadilice 3 centimetra lijevo ili desno. Takvim načinom sadni aparat zadržava pravac kretanja i navodi vozača da održava zadani pravac kretanja uz maksimalnu pogrešku od 60 centimetra (Prekalj, 2013.).

8.1.2. Sustav SMART WINE

Antena na sadilici, kućište i računalo koje se nalazi u traktoru glavni su dijelovi sustava za navođenje uz pomoć GPS-a.

Sustav Smart Wine spada u ponajbolje sustave za navođenje uz pomoć GPS-a. Primjena Smart Wine sustava omogućava projektiranje nasada u polju, određuje smjer redova, razmak između redova i između biljaka. Bazira se na prijammniku LeicaGeosystems.



Slika 8.3. SmartWine sustav

Izvor: <https://www.libelium.com>

Brzinom od 20 impulsa u sekundi omogućeno je navođenje u stvarnom vremenu, uz preciznost pogreške od 3 centimetra. Brzina kretanja traktora i mehanička podešenost sadilice u najvećoj mjeri definiraju preciznost. Moguće je sadnju obaviti brzinama koje prelaze 3,5 km/h. <https://repozitorij.unios.hr>

8.2. Autoupravljački sustav

Dijelovi sustava su GPS prijammnik, osjetnik nagiba, računalo, hidraulični ventili ili električni pokretači. Kao GPS prijammnik može se koristiti kinematički GPS (RTK - GPS) ili DGPS.

Korištenjem auto-upravljačkog sustava povećava se produktivnost i učinkovitost radnji na terenu, smanjuje se umor i stres kod vozača što je jako važno jer to podrazumijeva da radnik može više i bolje raditi te obraditi veću površinu. <https://repozitorij.unios.hr>

8.3. Učinkovitost rada sadilica

Istraživanja koja su proveli Sito i sur. 2014. Pokazala su da primjenom sadilice koja koristi laser broj nezasađenih mjesta iznosi 2 lozna cijepa, a primjenom sadilice koja koristi GPS broj praznih mjesta iznosi 1 lozni cijep.

Zbog toga što laserski sustav ima mogućnost sadnje u samo jednom smjeru, te zahtjeva više vremena kao bi se podesio ima 32% manji učinak sadnje od GPS sustava koji sadnju može obavljati u oba smjera.

Sadilica s laserom kod sadnje loznih cijepova imala je radni učinak od 0,76 hektara na sat, dok je sadilica s GPS sustavom imala radni učinak od 0,69 hektara na sat.
<https://repozitorij.unios.hr>

Na temelju dobivenih podataka može se zaključiti da obje sadilice pružaju jednako dobre rezultate pri sadnji vinove loze i maslina.

8.4. Zaštita nasada pesticidima

Da bi se ostvarili visoki prinosi i isplativost proizvodnje nužna je primjena pesticida. Kod nasada jabuka potrebno je provesti 10 do 15 tretiranja godišnje, kod nasada krušaka, bresaka i višanja taj je broj 6 do 8 puta u godini. Velika količina pesticida koja se koristi opasna je za okoliš i za kvalitetu života u neposrednoj blizini.

Glavni problem kod apliciranja pesticida je drift (zanošenje mlaza), pojavom drifta smanjuje se količina pesticida koja dolazi do tretirane biljke, a povećava se količina koja odlazi u okoliš i zagađuje okolinu (Đukić, 2001).



Slika 8.4. Drift

Izvor: <https://www.panna.org/our-campaigns/stop-drift>

Orošivači su uređaji za aplikaciju pesticida koji se najčešće koriste u voćnjacima. Na njih je moguće staviti optičke osjetnike koji snimaju ciljanu površinu. Određeni broj osjetnika koji ovise o visini biljke stavljaju se na svaku stranu orošivača. Svaki osjetnik je vezan za jedan ili više rasprskivača i djeluje na njihovoj visini. <http://aspace.agrif.bg.ac.rs>



Slika 8.5. Orošivač

Izvor: <https://traktorskeprskalice.rs/noseni-atomizeri-orosivaci-e-serija/>

Primjenom osjetnika na orošivačima dolazi do velikih ušteda zaštitnih sredstava. U vinogradu je prisutna ušteda od 35-45%, dok je kod mladih nasada ušteda čak do 70%. Kod voćnjaka ušteda se kreće od 25% tijekom vegetacijskog perioda pa do 50% u mladim nasadima. Drift se u voćnjacima primjenom osjetnika smanjio između 30% i 60%.

Nakon uporabe osjetnika vidljivo je da su uštede velike i značajne iz financijskog aspekta i iz pogleda zaštite okoliša te svakako opravdavaju uložena sredstva.

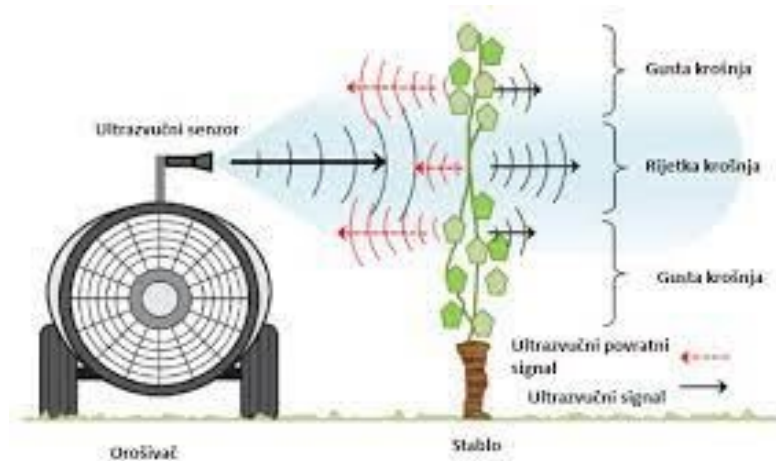
8.4.1. Orošivači sa osjetnicima za identifikaciju stabala

CIS (Crop Identification Sensor) je osjetnik koji uz pomoć analize povratnog signala ultrazvučnog osjetnika analizira veličinu stabla i gustoću krošnje. Na elektronskom sustavu nalazi se ultrazvučni osjetnik koji je smješten na svakoj strani orošivača ispred mlaznice i detektira da li se u njegovoj razini nalazi krošnja i prema dobivenom rezultatu uključuje pojedinu mlaznicu.

Uz pomoć centralne kontrolne jedinice podešava se količina aplikacije sredstava za zaštitu bilja. Ova vrsta orošivača posjeduje i sustav regulacije protoka zraka, gdje se protok zraka prilagođava veličini krošnje i uzgojnom obliku.

Sedlar i sur., (2014.) navode kako ovakvi senzori mogu detektirati prazan prostor u rasponu od 35 do 120 cm.

Ultrazvučni osjetnici imaju zadatak da identificiraju predmet tretiranja u opegu od 0,8 do 6 m. kada naiđu na stablo taj podatak se šalje u upravljačku jedinicu, koja daje naredbu za otvaranje ventila.



Slika 8.6. Orošivač sa osjetnikom za identifikaciju stabala
Izvor: Glasilo biljne zaštite 5/2018. Petra Pozder, Ivan Krušelj

Primjena ovakvih osjetnika posebno je važna kod mladih nasada, gdje je prisutna velika udaljenost između stabla u redu. Prema nekim istraživanjima primjena ovih osjetnika može donijeti uštede tekućine od 70% kod mladog nasada i 30% u razvijenom nasadu. (Sedlar i sur., 2014.)

8.4.2. Orošivači sa osjetnicima za identifikaciju bolesti

CHS (Crop Health Sensor) su optički osjetnici. Rade na principu mjerenja valne duljine svjetlosne refleksije zdrave i bolesne biljke. Korištenjem ovih osjetnika omogućava se pravilna reakcija na pojavu bolesti i pravilna doza sredstava za zaštitu bilja na osnovu zdravstvenog stanja biljke.

Selektivnom aplikacijom sredstava za zaštitu bilja smanjuje se drift i omogućava primjena manjih normi prskanja. Korištenjem ultrazvučnih senzora u nasadu breskve može se postići 25% manja upotreba pesticida (Balsari i Tamagnone, 1998.).

8.4.3. Orošivači sa osjetnicima za lasersko navođenje mlaza

Osjetnici za lasersko navođenje mlaza predstavljaju najnoviji sustav za selektivno orošavanje koje su razvili američki znanstvenici. Pomoću lasera navodi se mlaz kapljica da

slijedi uzgojni oblik odnosno strukturu krošnje. Ovakav sustav omogućuje precizniju aplikaciju sredstava za zaštitu bilja i manje gubitke istog.

Dijelovi takvog sustava su: laserski osjetnik za brzo skeniranje, radarski osjetnik brzine, automatski regulator protoka na mlaznici, računalo i ekran osjetljiv na dodir, ručni prekidači, mlaznice, razdjelnice i cijevi (Pozder, Krušelj, 2018.).

U usporedbi s ostalim orošivačima laserski navođeni orošivač pruža najbolje rezultate bez obzira na promjene u strukturama krošnji i vrstama biljke. Isto tako aplicirano sredstvo za zaštitu bilja pravilnije je deponirano.



Slika 8.7. Orošivač sa osjetnicima za lasersko navođenje mlaza
Izvor: (Pozder, Krušelj, 2018.)

Primjena ovog orošivača smanjuje uporabu sredstava za zaštitu bilja između 46% i 68% i prosječnu uštedu od 230 dolara (1500 kuna) po hektaru. Uštede su veće kod bobičastog voća. Kod nasada jabuka smanjuje se gubitak kapljica između 40% i 87% te drift do 87% (Pozder, Krušelj, 2018.).

9. Zaključak

Korištenje sustava precizne poljoprivrede je nužno i u budućnosti bez njihove upotrebe neće biti isplative proizvodnje. U svakoj radnoj operaciji tijekom procesa proizvodnje može se upotrijebiti neki sustav precizne poljoprivrede.

Upotrebom sustava automatskog navođenja ostvaruju se uštede repromaterijala i proizvodnja je isplativija. Ostvarivanjem većeg profita otvara se mogućnost ulaganja u nove tehnologije.

Važan faktor za primjenu sustava za automatsko navođenje je i rasterećenje rukovatelja stroja, gdje se smanjuje stres i opterećenje radnika.

Sustavi automatskog navođenja se sve više primjenjuju kod modernih poljoprivrednih gospodarstava, ponajviše zbog velikih površina koje obrađuju i smanjenja gubitaka koje omogućavaju.

Za širu upotrebu sustava precizne poljoprivrede u Hrvatskoj veliki problem predstavljaju nedovoljna obrazovanost poljoprivrednika, nedostatak stručnog radnog kadra, rascjepkanost površina i mali kapaciteti proizvodnje.

10. Popis literature

1. Agatić M. (2019.). Ispitivanje preciznosti GNSS pozicioniranja i navigacije poljoprivrednog traktora, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
2. Arnoff S. (1989.). Geographic Information System: A Management Perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada.
3. Balsari P., Tamagnone M. (1998.). An ultrasonic air blast sprayer, Abstract of the International Conference on Agricultural Engineering – AgEng Oslo, 98-A-017:585-586
4. Brkić D., Vujčić M., Šumanovac L., Lukač P., Kiš D., Jurić T., Knežević D. (2005.). Eksploatacija poljoprivrednih strojeva, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
5. Burrough P. A. (1986.). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford University Press, Oxford, 194 pp.
6. Crneković M., (2015.). Automatsko vođenje traktora, strojeva i uređaja u sustavu gis - precizna poljoprivreda, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
7. Davis G., Casady W., Massey R. (1998.). Precision Agriculture: An Introduction, University of Missouri Extension, WQ 450, <http://extension.missouri.edu/p/WQ450>
8. Đukić N, Ponjičan O, Sedlar A. (2001). Novo u tehnici za zaštitu bilja, Savremena poljoprivredna tehnika, Cont. Agr. Engng. Vol. 27, No. 3-4, p. Novi Sad,79-142
9. E. D. Kaplan (1996.). *Understanding GPS Principles and Applications*, Artech House Publishers 1996.
10. Gavrić M. i Martinov M. (2006.). Postupci i tačnost primene gps u poljoprivredi. Savremena poljoprivredna tehnika, 32: 1-2, p. 96-102
11. Gavrić M., Sekulić (2004.). Primjena GIS-a i GPS-a u poljoprivredi.
12. Grgić I., Par, V., Žutinić, Đ., Bokan, N., (2011.). Osnove agroekonomike, Zagreb, 2011.
13. Hofmann–Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E.,(2008.). „GNSS – Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo, and more“, SpringerWienNewYork, 2008.
14. Hu Jingtao, Gao Lei, Bai Xiaoping, Li Taochang, Liu Xiaoguang (2015.). Review of research on automatic guidance of agricultural vehicles. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, Vol. 31, No. 10, 1-10.
15. Jurišić M., Hengl T., Stanisavljević A., Butković S. (2006.). Primjena geoinformatike u poljoprivredi – precizna poljoprivreda. XLI. hrvatski i I. međunarodni znanstveni simpozij agronoma, Opatija, 427.-437.
16. Jurišić M., Plaščak I. (2009.). Geoinformacijske tehnologije GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Knjiga, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
17. Marković D, i dr. (2011). Analiza ekonomskih pokazatelja u primeni gps tehnologije u poljoprivrednom kombinatu Beograd, Savremena poljoprivredna tehnika 37(3): 283-294.
18. Martinov M., Đukić N., Tešić M. (2005.). Trendovi razvoja poljoprivredne mehanizacije u svetu i primenljivost u domaćim uslovima. Savremena poljoprivredna tehnika, 31(1-2), 1-14.

19. Mesarić J. (2009.). ICT u poljoprivredi i njihov značaj u budućnosti poljoprivrede i ruralnih područja, Ekonomski fakultet, Osijek.
20. Milinović M., (2015.). Automatsko vođenje i upravljanje poljoprivrednim strojevima i uređajima-farmnavigator , Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
21. Munak A. (2006.). CIGR Handbook of Agricultural Engineering Vol. VII Information Technology, St. Joseph, Michigan, USA.
22. Novaković G., Đapo A., Mahović H. (2009.). Razvoj i primjena pseudolita u pozicioniranju i navigaciji, Geodetski list, 3, 215–241.
23. Oerke EC (2005.). Crop losses to pests. J Agr Sci 144:31–43.
24. Ozemoy V.M., Smith D.R., Sicherman A. (1981.). Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis, Interfaces, 11: 92-8.
25. Pahernik M., (2006.). Uvod u geografsko informacijske sustave, MORH, Zagreb, Pomologia Croatica, Vol. 19 No. 1-4, 2013.
26. Pozder P., Krušelj I. (2018.). Nova tehnološka dostignuća i rješenja pri primjeni sredstva za zaštitu bilja, Glasilo biljne zaštite, Vol. 18 No. 5, 2018.
27. Prekalj B. (2013.). Ispitivanje rada sadilice za višegodišnje nasade Wagner, Diplomski rad, Agronomski fakultet, Zagreb.
28. Rajković I. (2013.). Primjena geoinformacijskih sustava i precizne poljoprivrede pri zaštiti bilja. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
29. Sedlar A., Bugarin R., Đukić N. (2014.). Tehnika aplikacije pesticida, Udžbenik. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
30. Sito S. , Kovačić F., Krznarić K., Šket B., Šimunović V., Grubor M., Koren M., Šket M. (2015.). Primjena bespilotnih sustava u zaštiti trajnih nasada. Glasnik zaštite bilja 4/2015.
31. Sito S., Bilandžija N., (2013.). Suvremena tehnika za održavanje plodnosti tla u trajnim nasadima, Zagreb, 2013.
32. Sito S., Čmelik Z., Strikić F., Bilandžija N., Prekalj B., Kraljević A. (2013.). Strojna sadnja masline pomoću GPS sustava i lasera, Znanstveni članak, Pomologia Croatica, Zagreb.
33. Smith T.R., Menon S., Starr I.L., Estes J.E. (1987.). Requirements and principles for the implementation and construction of large scale geographic information systems, International Journal of Geographical Information Systems, 1: 13- 31.
34. Stafford J. V. (2013.). Precision agriculture '13. Wageningen academic press.
35. Štefanek E. (2014.). Precizna poljoprivreda (online publikacija www.gospodarski.hr)
36. Tutić D., Vučetić N., Lapaine M. (2006.). Uvod u GIS. Priručnik, Zagreb.
37. Ullrich G. (2015.). Automated Guided Vehicle Systems: A Primer with Practical Applications. Springer, Berlin, Heidelberg.
38. Urošević Mirko, Milovan Živković, Vaso Komnenić (2006.). Primena automatskih regulacionih sistema u cilju smanjenja gubitaka pesticida u zaštiti voćnjaka. Poljoprivredna tehnika, XXXI (1), 67-71.

39. Višacki V., Sedlar A., Bugarin R., Mašan V., Turan J., Janić T., Ponjičan O. (2018.). Primena precizne poljoprivrede u ratarskoj proizvodnji-koncept i implementacija. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 44(3), 99-104.
40. Yap Y. K., Sudhanshu S. J., Azimi Y. (2011.). Combine harvester instrumentation system for use in precision agriculture. *Instrumentation Science and Technology*, 39:4, 374-393
41. Zimmer R., Košutić S., Zimmer D. (2009.). Poljoprivredna tehnika u ratarstvu. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet, Osijek.

Internet stranice:

1. <https://repozitorij.fazos.hr/en/islandora/object/pfos%3A62/datastream/PDF/view> – pristup 09.07.2021.
2. <https://www.agleader.com/> – pristup 13.07.2021.
3. <https://findri.hr/> – pristup 13.07.2021.
4. <https://repozitorij.fazos.hr/en/islandora/object/pfos%3A1764/datastream/PDF/view> – pristup 13.07.2021.
5. http://www.deere.com/common/docs/products/equipment/agricultural_management_solutions/guidance_systems/brochure/en_GB_yy1114823_e.pdf – pristup 22.08.2021.
6. <https://agromehanika.eu/hr/katalog/proizvod/navigacija-avmap-gps> – pristup 26.08.2021.
7. https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=344383 – pristup 26.08.2021.
8. https://www.cropscience.bayer.hr/~media/Bayer%20CropScience/SWSlavic/Country-Croatia-Internet/Publikacije/Publikacije_pdf/Ratarska_brosura_2016.pdf – pristup 26.08.2021.
9. <https://privredni.hr/zetva-u-punom-jeku-ratari-zadovoljni-urodom-psenice> – pristup 26.07.2021.
10. <https://repozitorij.unios.hr/islandora/object/pfos%3A397/datastream/PDF/view> – pristup 09.07.2021.
11. <https://gospodarski.hr/nekategoriirano/precizna-poljoprivreda> – pristup 24.08.2021.
12. <https://bs.potatoes.news/the-pros-and-cons-of-precision-agriculture-according-to-dutch-arable-farmers/> – pristup 13.07.2021.
13. <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantagesand-Disadvantages-of-GIS-Geographical-Information-System.html>, – pristup 13.07.2021.
14. <https://www.online-sciences.com/technology/gis-data-geographic-informationsystems-uses-advantages-and-disadvantages/> – pristup 13.07.2021.
15. <https://novatel.com> – pristup 13.07.2021.
16. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A331/datastream/PDF/view> – pristup 09.07.2021.

17. https://www.researchgate.net/publication/27193673_poboljsanje_sustava_satelitske_navigacije.– pristup 13.07.2021.
18. http://www.nels.org/Source/eurofix_service.html– pristup 13.07.2021.
19. http://atae.agr.hr/Zbornik_2014.pdf– pristup 24.08.2021.
20. <http://aspace.agrif.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/1192/1189.pdf?sequence=1&isAllowed=y>– pristup 24.08.2021.

11. Životopis

Domagoj Barbić rođen je 08.04.1997. u Zagrebu. Živi u Zaprešiću gdje je završio osnovnu školu. Pohađao je srednju školu Ban Josip Jelačić u Zaprešiću smjer tehničar za računalstvo u periodu od 2012. do 2016. godine. Član je DVD-a Zaprešić gdje aktivno sudjeluje u radu s djecom. Tijekom diplomskog studija radi studentski posao i uspješno balansira između posla i fakultetskih obaveza.