

# Postupak postavljanja i implimentacije CROPOS Real - Time Kinematic (RTK) navigacije poljoprivredne tehnike u preciznoj sjetvi

---

**Makaj, Nikola**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:151:720621>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



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

Nikola Makaj

Diplomski studij Mehanizacija

Postupak postavljanja i implementacije CROPOS *Real-Time Kinematic* (RTK) navigacije  
poljoprivredne tehnike u preciznoj sjetvi

**Diplomski rad**

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nikola Makaj

Diplomski studij Mehanizacija

Postupak postavljanja i implementacije CROPOS *Real-Time Kinematic* (RTK) navigacije  
poljoprivredne tehnike u preciznoj sjetvi

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

prof. dr.sc. Ivan Plaščak, predsjednik

dr. sc. Dorijan Radočaj, mentor

prof. dr. sc. Mladen Jurišić, član

prof. dr. sc. Irena Rapčan, zamjenski član

Zapisničar: dr. sc. Ivan Vidaković

Osijek, 2024.

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
3. MATERIJALI I METODE .....	5
3.1 Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS).....	5
3.2 GPS emirirana poruka, efemeride i almanah .....	7
3.3 Pogreške u GPS-u.....	7
3.4 Navigacija.....	10
3.5 GNSS i RTK.....	11
3.6 CROPOS .....	13
4. REZULTATI .....	15
4.1 Fendt 942 Vario .....	15
4.2 Sijačica Vaderstadt Tempo L 24 .....	17
4.3 Fendtova sučelja na navigaciji.....	19
5. RASPRAVA.....	26
6. ZAKLJUČAK.....	28
7. Popis literature.....	29
8. Sažetak .....	34
9. Summary .....	35
10. Popis tablica.....	36
11. Popis slika .....	37
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	38
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	39

## 1. UVOD

Velika i kontinuirana potreba za hranom potaknula je napredan razvoj tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji, a time i razvoj poljoprivredne mehanizacije. Pojava sve naprednijih i sofisticiranijih strojeva zahtjeva njihovo optimalno korištenje, što je ključno za postizanje veće produktivnosti rada i (u konačnici) nižih troškova hrane. Suvremena opremljenost imanja mehanizacijom karakterizira se racionalnim opremanjem imanja u kvalitativnom i kvantitativnom pogledu, stalnim praćenjem razvoja novih tehnologija i nastojanjima za njihovu implementaciju na imanje, organiziranjem rada u više smjena te obavljanjem radova u agrotehničkim rokovima uz korištenje novih mogućnosti upravljanja. (Brkić i sur., 2005.).

Sjetva je vrlo bitna agrotehnička operacija u poljoprivredi. To je vrlo zahtjevan posao kojemu se treba puno posvetiti da bi bilo obavljeno pravilno. Kvaliteta sjetve ovisi o prinosu pa samim time daje svoje veliko značenje u uzgoju određene kulture. Na kvalitetu sjetve utječe više čimbenika, a neki od njih su dubina sjetve, količina vlage u zemlji i agrotehnički rokovi. Precizna sjetva omogućuje praćenje određenih elemenata poput dubine sjetve, sklop zrna i dr. Da bi se tehnologija primjenjivala dovoljno kvalitetno nužna je i dovoljno kvalitetna obrada tla.

Primjena novijih tehnologija uvelike je pripomogla djelatnosti poljoprivrede pa i samoj kvaliteti rada odnosno načinu obavljanja posla i operaterima na agregatima. Također, precizna sjetva omogućuje kontrolu i smanjenje inputa, odnosno sredstava (sjeme, gnojivo).

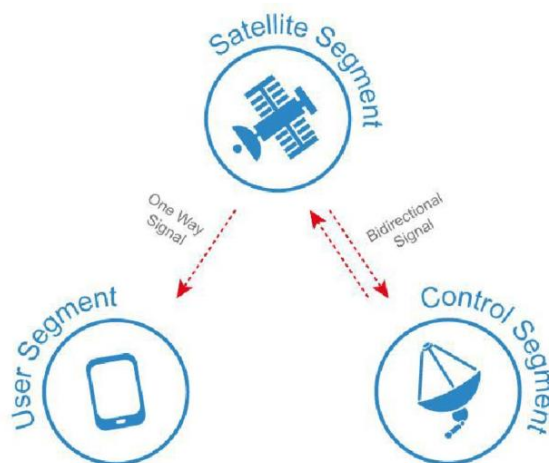
U toj proizvodnji se nailazi na podosta velik broj problema. Za primjer se mogu uzeti klimatske promjene (suše, poplave) na koje se ne može utjecati, ali možemo učiniti razliku. Ako uzmemo primjer precizne sjetve u sušnoj godini, lakše je iskontrolirati dubinu sjetve sa sijačicom koja koristi tu tehnologiju, pa samim time ubrzava čitavi proces agrotehničke operacije odnosno u ovom slučaju sjetve.

Prema Jurišiću i Plaščaku (2009.), upotreba novih visokoproduktivnih i sofisticiranih strojeva sve je više ograničena na rad na velikim površinama i u uvjetima visoke angažiranosti. U takvim uvjetima, ovi strojevi postaju superiorni ne samo u pogledu performansi i kvalitete, već i profitabilnosti. Suvremeni visokoproduktivni strojevi koriste se efikasno, a pravilna raspodjela prinosa po vlasnicima i površinama postiže se konstantnim mjerenjem prinosa.

Prema istim autorima, korištenje navigacijskih uređaja u poljoprivredi može donijeti uštede na gorivu, gnojivu, sredstvima za zaštitu i sličnim resursima. Osim što donosi ekonomske koristi, ima značajan utjecaj na zaštitu okoliša i smanjenje zagađenja tla i vode. Iako većina navigacijskih uređaja u poljoprivredi nudi slične mogućnosti, razlikuju se po sučeljima i načinu ostvarivanja određenih funkcija, poput vođenja po zadanoj trasi i prikaza paralelnih linija. Prema podacima iz 2007. godine, koje su prikazali autori Whipker i Akridge, u Sjedinjenim Američkim Državama čak 82 % anketiranih poljoprivrednika koristi ili je koristilo neki oblik navigacijskog GNSS uređaja. Razlozi za to uključuju jednostavnu integraciju u postojeće radne sustave bez potrebe za prilagodbom strojeva, lakoću prilagodbe korisnika budući da nisu potrebne posebne vještine ili znanja te, prije svega, ekonomske koristi. Korištenje GNSS uređaja dovodi do smanjenja potrošnje energije i povećanja učinkovitosti, jer smanjuje površinu koja se višestruko tretira i obrađuje.

## 2. PREGLED LITERATURE

GNSS se prvenstveno sastoji od tri različita segmenta, tj. (a) konstelacija satelita, (b) zemaljske kontrolne stanice i (c) prijammnici (Slika 1.) (Dorsey i sur., 2017). Svemirski segment sastoji se od konstelacija satelita koji odašilju signale kodirane pseudoslučajnim šumom (PRN), koji se koriste za stvarni doimet (brzina\*vrijeme) linije vidljivosti zajedno s različitim izvorima pogrešaka uključujući pogrešku satelitskog sata, atmosferska kašnjenja, pogreška sata prijammnika, pogreške praćenja i kašnjenja kanala prijammnika (May i sur. 1990.). Kodirani signali sadrže informacije o položaju satelita, koji može koristiti neograničen broj korisnika u isto vrijeme (Kaplan i Hegarty, 2017.). Konstelacije GPS satelita u svemirskom segmentu nadzire i kontrolira GPS kontrolni segment (CS) rješavanjem satelitskih anomalija i prikupljanjem mjerenja pseudoudaljenosti i faze nositelja na kontrolnim stanicama kako bi se utvrdilo i obnovilo ispravljanje satelitskog sata, almanah i efemeride na barem jednom dnevno (Pullen i sur., 2014.). Dodatno, CS prati stanje satelita, kontrolira njegovu orbitalnu poziciju i regulira satelitsku sabirnicu i korisni teret (Parkinson, 1996.). CS ima tri različite fizičke komponente kao što su glavna kontrolna stanica (MCS), nadzorne stanice i zemaljske antene. Segment prijammnik/korisnik uključuje sve vojne i civilne korisnike koji koriste GPS signal u različite svrhe (El-Rabbany, 2006.). Svaki GPS prijammnik obrađuje odaslane signale primljene sa satelita kako bi odredio PVT prijammnika bilo gdje u svijetu.



Slika 1: Sva tri segmenta GPS-a

(Izvor: URL 1)

GNSS radi na rangiranju i trilateraciji kombinirajući različite skupine satelita (Langley, 1991.) funkcionalnih u svemiru kao referentne točke. Ti sateliti odašilju navigacijsku poruku koja se sastoji od informacija povezanih s almanahom, tj. orbitalnih informacija o cijeloj konstelaciji satelita, općih poruka o statusu sustava, kao i efemerida, te pojedinih položaja pojedinačnog satelita za reguliranje orbitalne pozicije satelita. Najmanje četiri zajednička satelita potrebna su u skupini za određivanje točne pozicije prijemnika u bilo kojem trenutku (Hoffmann-Wellenhof i surr., 1994.). Potrebne su samo tri udaljenosti do tri istovremeno praćena satelita da bi se dobile informacije o geografskoj širini, dužini i nadmorskoj visini. Međutim, četvrti satelit računa se na pomak sata prijemnika i pridonosi ispravljanju vremena (Kaplan, 1990.). GPS pozicioniranje je dodatno poboljšano za subcentimetar do nekoliko metara s postavljanjem dvaju prijemnika koji istovremeno prate iste GPS satelite (Langley, 1993.). GPS koristi tri osnovna binarna koda, tj. (PRN kod uključujući kod za preciznost (P), kod za grubu akviziciju (C/A) i navigacijski kod. PRN kod je slijed vrlo preciznih vremenskih oznaka koje omogućuju prijamnicima da procijeniti kašnjenje prijenosa između satelita i kontrolne stanice (Langley, 1993.; Wells i sur. 1997.). GPS sateliti emitiraju dva vala nosioca, tj. L1 (390 MHz) i L2 (1500 MHz), koji su modulirani kodiranim informacijskim signalom koji odašilju sateliti za komunikaciju s prijamnicima. Izvedene su iz frekvencije od 10,23 MHz preko vrlo preciznog atomskog sata. Visokofrekventni signali koji se odašilju sa satelita putuju pravocrtno i imaju vrlo malu snagu (50 W). Vrlo je bitno da antena GPS prijemnika ima izravan pogled na satelit. Valovi nosači L1 i L2 emitiraju se na 1575,42 MHz odnosno 1227,60 MHz. Valovi nosači L1 modulirani su C/A kodom na 1,023 MHz i P-kodom na 10,23 MHz, dok je val nosilac L2 moduliran samo jednim kodom, tj. P-kodom na 10,23 MHz. Ovi kodirani signali koriste se za izračunavanje vremena prijenosa radio signala od satelita do prijemnika na Zemlji, tj. vremena dolaska, koje se množi s brzinom signala kako bi se procijenio doomet satelita, što je udaljenost od satelita do prijemnika. GPS signal sadrži navigacijsku poruku niske frekvencije (50 Hz) koja je modulirana na L1 i L2 nosiocima (Gopi, 2005.).



### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1 Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS)

Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) se odnosi na bilo koju konstelaciju satelita koja nam omogućuje globalno pozicioniranje, navigaciju i usluge u određenom vremenu.

Vlastiti GNSS ima samo nekoliko država, no najpoznatije i najprimjenjenije su Galileo (EU), GPS (SAD), GLONASS (Rusija) i BeiDou (Kina) (Jiang i sur., 2013.). Pseudoraspon je mjera prividnog vremena propagacije signala od satelita do GPS prijmnika na Zemlji. Izračunava se dijeljenjem udaljenosti s brzinom svjetlosti, koja se označava s  $C$ , tj. univerzalnom fizikalnom konstantom. Prividno vrijeme propagacije signala je odstupanje prijema signala od strane prijmnika i vremena odašiljanja signala od strane satelita. Drugim riječima, to je vremensko kašnjenje između satova GPS prijmnika i satelita na Zemlji, određeno iz P-koda i C/A koda. Općenito, signal od satelita do GPS prijmnika stiže za 0,06 s, ako je satelit u položaju iznad glave promatrača. Naziva se pseudodomet jer satovi u GPS prijmniku i satelitu nisu sinkronizirani, a na njega utječu orbitalne pogreške satelita, pogreške korisničkog sata i kašnjenje ionosfere (Langley, 1993.).

GPS je često korišteni akronim za NAVSTAR (NAVIGATION System Time and Ranging) i prvi je SNS koji je razvilo Ministarstvo obrane SAD-a 1978. To je prvi u potpunosti operativni GNSS koji se nominalno sastoji od konstelacije od 24 operativna satelita završio je svoj početni operativni kapacitet (IOC) 8. prosinca 1993.

Galileo je Europski globalni navigacijski satelitski sustav koji se koristi od Prosinca 2016. Nudi točno i povjerljivo pozicioniranje koje se koristi u pametnim telefonima, ali ima i široku primjenu u ostalim sektorima poput željeznica, zračnog prometa, poljoprivrede itd. Galileo se sastoji od 28 satelita u orbiti zemlje na visini od 23 000 km. Signali koje odašilju Galileovi sateliti se mogu primiti sa bilo kojim uređajem koji ima mogućnost primanja tih signala. (Dow i sur., 2007.; Hadas i sur., 2019.)

GLONASS je satelitski navigacijski sustav koji je funkcionirao tijekom posljednjih desetljeća dvadesetog stoljeća od strane ruske Zračno-svemirske obrane kao alternativa američkom NAV-STAR u. Trenutačno je to besplatna kao i alternativna opcija za operativni navigacijski sustav s povezanom preciznošću i potpunom pokrivenošću (Hein, 2000.). Lansiranje satelita započelo je 1982. do završetka konstelacije 1995. Životni ciklus GLONASS navigacijskih satelita bio je 5 do 7 godina, a novi sateliti trebali bi se lansirati nakon određenog vremena interval za popunjavanje praznine zbog starenja satelita (Ali i

sur., 2013.; Lennen, 1999.; Maki, 1996.). Godine 2011. potpuna globalna pokrivenost bila je uspostavljen s nadograđenim satelitskim konstelacijama pod GLONASS-K. GLONASS se sastoji od 24 satelita koji su ravnomjerno raspoređeni u tri približno kružne orbitalne ravnine pod nagibom od 64,8 stupnjeva prema ekvatoru na satelitskoj visini od oko 19.100 km iznad površine Zemlje. Svaki GLONASS satelit odašilje standardne i visoke točne signale na frekvencijama L1 (1598.06-1604.40 MHz) i L2 (1242.94-1248.63 MHz). Moderna age GPS prijammnici kompatibilni su s NAVSTAR-om i GLONASS-om, čime pružaju veća fleksibilnost pozicioniranja i bolja točnost. (Jiang i sur., 2013.)

Kina je razvila vlastiti navigacijski satelitski sustav "Compass/BeiDou" s pet geostacionarnih satelita i 30 negeostacionarnih satelita do danas. BeiDou-1 sastoji se od tri satelita i nudi ograničenu pokrivenost (korisnicima Kine i susjednih zemalja) i aplikacije. Druga generacija ovog navigacijskog sustava, nazvana Compass, globalni je SNS koji se sastoji od 35 satelita. Od prosinca 2011. radi s 10 satelita u orbiti u Kini. Do 2020. očekuje se da će biti dostupan svim globalnim kupcima (Huang i Tsai, 2008.; Zhang i sur., 2017.). Za navigacijske satelite koristi dvije različite orbite s nagibom od 55 stupnjeva: (i) srednju Zemljinu orbitu (21 500 km) i (ii) nagnutu geosinkronu orbitu (36 000 km). Radi na tri kanala: (i) B1: 1559.052-1591.788 MHz, (ii) B2: 1166.22-1217.37 MHz, i (iii) B3: 1250.618-1286.423 MHz frekvencije. Sustav pruža dvije vrste usluga na globalnoj razini: otvoreni servis (s točnošću pozicioniranja od 10 m, vremenskom preciznošću od 20 nanosekundi i brzinom od 0,2 m/s) i ovlaštenu servis (s odredbom pouzdanijih PVT informacijskih i komunikacijskih usluga kao i informacija o integritetu) (Odolinski i sur., 2013.).

QZSS (također poznat kao Michibiki) regionalni je navigacijski satelitski sustav koji je razvio Japan. To je kombinacija četiri satelita (sada proširena na četiri satelita) koji su nagnuti na orbitalnim ravninama na 39 stupnjeva do 47 stupnjeva na dvije visine, 39,581 km i 31,911 km, koji omogućuju navigaciju za istočnu Aziju, uključujući Japan, i Oceaniju. Tri satelita ove konstelacije bila su u potpunosti operativna 2013., a četvrti satelit QZSS usluga bio je operativan od 1. studenog 2018., a još tri su sateliti planirani do 2023. Dizajn i koncept QZSS potpuno se razlikuju od GPS i GLONASS sustava zbog politici nacionalnog razvoja (Inaba i sur., 2009.). QZSS je namijenjen postizanju komunikacijskih usluga, tj. audio, video i podataka s informacijama o lokaciji, a koristan je u mobilnim aplikacijama. QZSS se također naziva GNSS proširena usluga. Radi na četiri frekvencije.

### **3.2 GPS emitirana poruka, efemeride i almanah**

Navigacijska poruka uključivala je tri vrste komponenti (a) trenutni datum, vrijeme i stanje satelita; (b) informacije orbite (efemeride); i (c) status svih satelita u GPS programu (almanah). Svaki GPS satelit emitira mikrovalne signale koji se odnose na korekcije sata, status sustava i satelita te podatke o položaju ili efemeridama. Navigacijska poruka koju šalje satelit sadrži predviđene položaje satelita u stvarnom vremenu koje se nazivaju emitirane efemeride. Svaki GPS prijamnik može dobiti ili C/A kod ili P-kod i može dobiti efemeride emitiranja u stvarnom vremenu. Ove emitirane efemeride procjenjuju se korištenjem prošlog kontinuiranog praćenja GPS satelita u svemiru od strane zemaljske postaje i analiziraju MCS-ove. Novi parametri za satelite šalju se natrag na GPS satelite svakog sata putem navigacijske poruke za predviđanje novih orbitalnih elemenata. Nasuprot tome, točniji položaji satelita dobivaju se naknadnom obradom stvarnog praćenja podataka GPS satelita, koji se nazivaju preciznim efemeridama, i dostupni su kasnije (Hoffmann-Wellenhoff i sur. 1994.; Shaw i sur., 2000.). Podaci almanaha prenose se sa satelita na prijemnike i pohranjuju u memoriju GPS prijamnika. Almanah se sastoji od podataka o položaju satelita u svemiru u bilo kojem trenutku, uključujući grubu orbitu, informacije o

statusu konstelacije satelita, model ionosfere i informacije za povezivanje vremena dobivenog GPS-om s koordiniranim univerzalnim vremenom. Cijeli almanah s jednog satelita primao se otprilike 12,5 min. GPS prijemnici u funkcionalnom stanju primaju najnovije ispravljene podatke unutar zadnjih 4-6 h i nazivaju se toplim stanjem, dok se podaci almanaha ne ažuriraju u slučaju da GPS prijemnici nisu uključeni dulje vrijeme i nazivaju se hladnim prijemnicima.

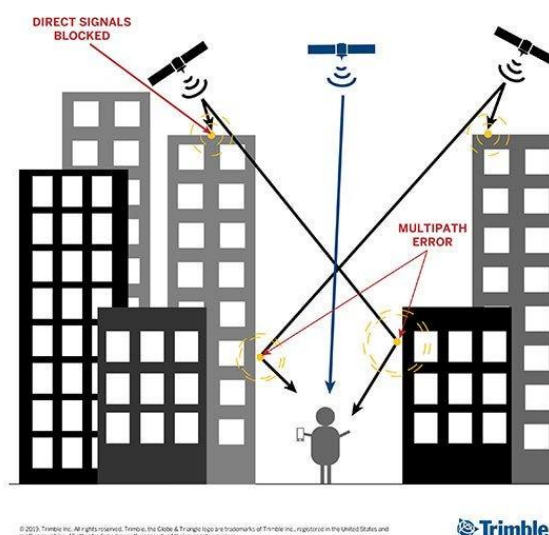
### **3.3 Pogreške u GPS-u**

Na mjerenja GPS pseudoduljenosti faze nositelja utječu različite vrste slučajnih i sustavnih pogrešaka (pristranosti) (Mosavi i sur., 2013.). Na temelju izvora podrijetla, može se općenito klasificirati u tri kategorije, tj. efemeride ili orbitalne pogreške, pogreške satelitskog sata i pogreške koje potječu od satelita. Pogreške takta prijamnika, multipath pogreška, šum prijamnika i varijacije faznog centra antene su pogreške koje potječu na kraju prijamnika. Kašnjenja koja se javljaju tijekom prolaska GPS signala kroz ionosferu i troposferu su greške u širenju signala, koje se nazivaju i atmosferska refrakcija (Karaim i sur., 2018.; Kleuseberg i Langley, 1990.).

GPS satelitski satovi vrlo su precizni, ali nisu savršeni jer je njihova stabilnost oko 1-2 dijelova u 10<sup>13</sup> tijekom razdoblja od 1 dana, što dovodi do pogreške satelitskog sata od

otprilike 8,64-17,28 ns/dan. Cezijevi satovi imaju bolju stabilnost u usporedbi s rubidijevim satovima i imaju tendenciju boljeg rada tijekom duljeg razdoblja (Langley, 1991.).

Interakcija GPS signala s različitim površinama, uključujući velike zgrade ili druge uzvisine koje okružuju antenu prijemnika prije nego što ih prijemnik uhvati, uzrokuje višestruku pogrešku u GPS signalima. On iskrivljuje izvorni signal interferencijom sa reflektiranim signalima na GPS anteni, što utječe i na mjerenje faze nositelja i na mjerenje pseudoudaljenosti (Wells i sur., 1987.). Reflektiranom signalu treba više vremena da stigne do prijammnika nego izravnom signalu što rezultira pogreškama u rasponu od nekoliko metara koje se mogu provjeriti korištenjem svakodnevne korelacije procijenjenih rezidua (Hoffmann-Wellenhof i sur., 1994.). Multipath pogreška pseudoudaljenosti smanjena je na nekoliko metara, čak i u okruženju s visokom refleksijom uz pomoć nove tehnologije, tj. Strobe korelator (Ashtech Inc.) i MEDLL (NovAtel Inc.), te metode ublažavanja višestaznosti (Weill, 1997.). (Slika 2)

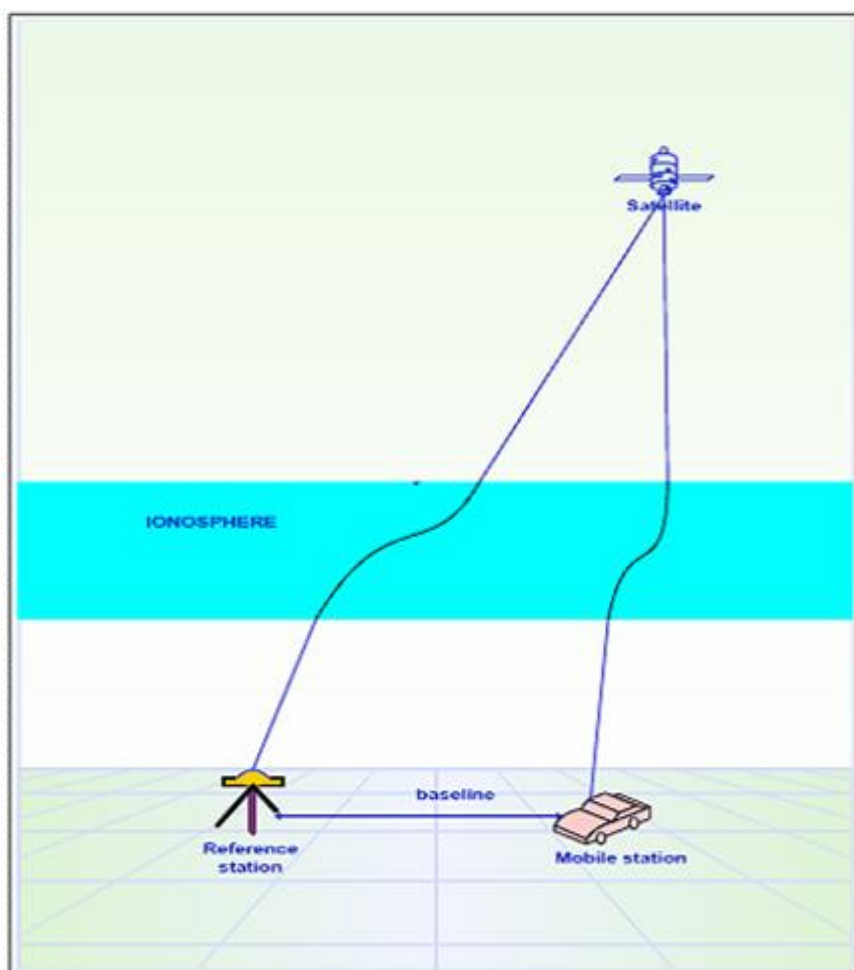


Slika 2: Multipath pogreška

(Izvor: URL 2)

Ionosfera je disperzivni medij s maksimalnom gustoćom elektrona u sloju F2 (210-1000 km). Nadmorska visina i debljina tih slojeva variraju s vremenom zbog promjena u sunčevom zračenju i magnetskom polju Zemlje. F1 sloj nestaje tijekom noći i izraženiji je ljeti nego zimi (Komjathy, 1997.). Ovaj atmosferski sloj savija putanju GPS signala i uzrokuje pogrešku dometa, osobito ako je elevacija satelita kut veći od 5 stupnjeva (Slika 3). Također uzrokuje značajnu pogrešku dometa ubrzavanjem širenja faze nositelja iznad brzine svjetlosti, za razliku od usporavanja PRN koda i navigacijske poruke istom brzinom (Hoffmann-Wellenhof i sur., 1994.). Kašnjenje dometa ionosfere na GPS signalima glavni

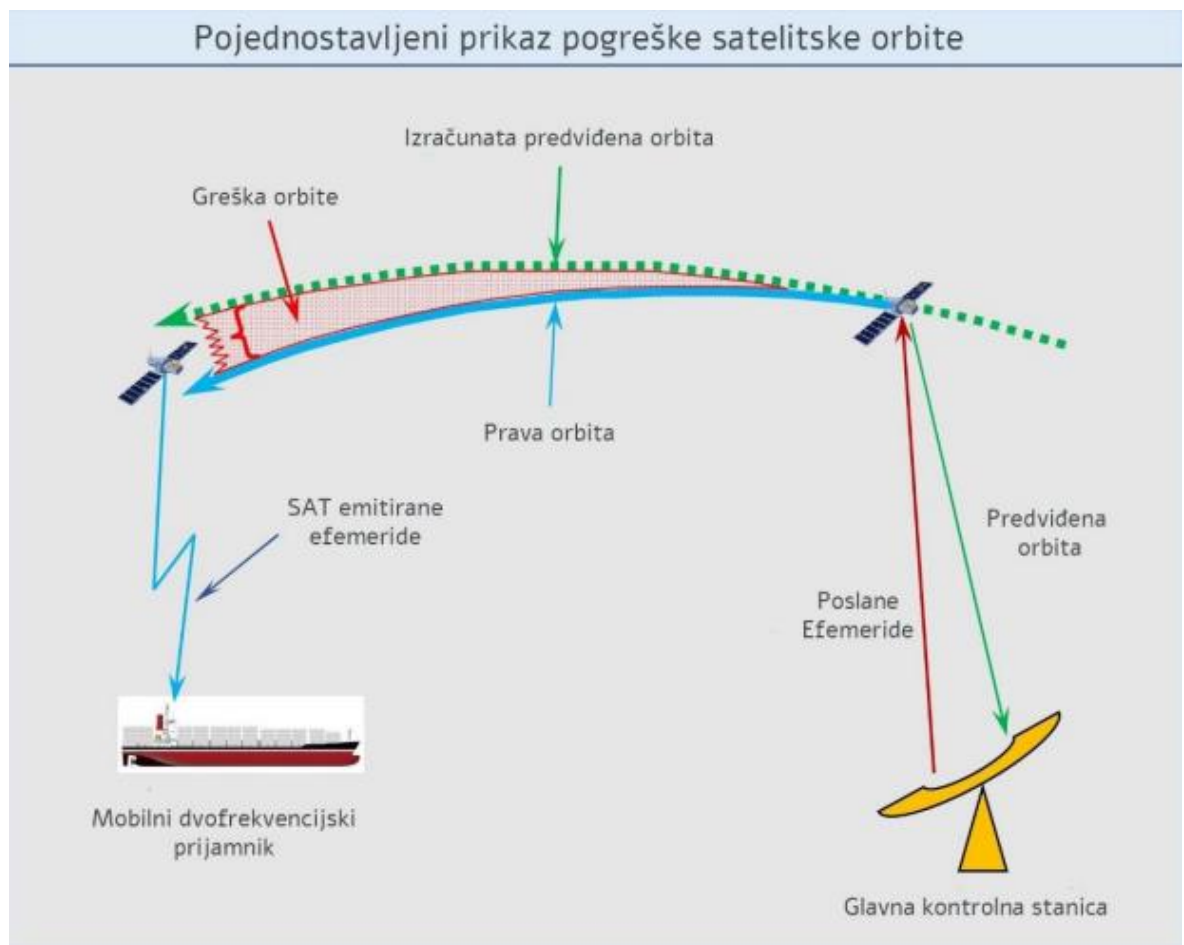
je izvor pogreške u GPS pozicioniranju i navigaciji (Ya'cob i sur., 2010.). Ukupni sadržaj elektrona (TEC) u ionosferi proizvodi većinu učinaka na radio signale, a kašnjenja GPS signala uzrokovana su time što je ionosfera proporcionalna TEC-u na putu od satelita do zemaljskog GPS prijamnika (Ya'cob i sur., 2010.). Najviši TEC na svijetu javlja se u ekvatorskom području, a maksimum je obično rano poslijepodne, a minimum obično neposredno prije izlaska sunca. Varijacije u TEC duž nagnute staze koja povezuje GPS. Satelite i prijamnike predstavljaju nepravilnosti i turbulencije u gustoći ionosferske plazme (Pi i sur., 1997.. Suprotno tome, strmi gradijenti ionosferske plazme uzrokuju svjetlucaje signala navigacijskog satelita u fazi kao i u amplitudi. GPS je učinkovit alat za proučavanje ionosferskih poremećaja i nepravilnosti uzrokovanih svemirskim vremenom zbog ovih oscilacija (Cherniak i sur., 2015.; Mitchell i sur., 2005.; Prikryl i sur., 2013.).



Slika 3: Ionosfersko kašnjenje

(Izvor: URL 3)

Položaj svakog satelita u konstelaciji je funkcija vremena jer se oni nastavljaju kretati u odnosu na vrijeme (Slika 4). Uključeno je u emitirane satelitske navigacijske poruke i predviđeno prethodnim GPS promatranjima na zemaljskim kontrolnim postajama. Tipično, preklapajući raspon GPS podataka od 4 sata koristi sustav operativne kontrole za predviđanje novih orbitalnih elemenata satelita za svaki 1 sat trajanja. Predviđene informacije o satelitskoj orbiti ne mogu uzeti u obzir sile koje utječu na GPS satelite, što može dovesti do nekih pogrešaka u procijenjenim položajima satelita (2-5m) koje se nazivaju pogreškama efemerida. Pogreška efemerida za određeni satelit identična je za sve korisnike GPS-a u svijetu (El-Rabbany, 1994.).



Slika 4: Prikaz pogreške efemerida

(Izvor: URL 4)

### 3.4 Navigacija

Jedna od najčešćih upotreba GPS-a, koja pomaže u zrakoplovstvu, pomorstvu, brodarstvu te željezničkom i cestovnom prijevozu. Također podržava javnost u njihovim svakodnevnim aktivnostima pružajući preciznu lokaciju u odnosu na okolinu uključujući geotagging, automobilske bazene, pomoć slijepim osobama u kretanju, sigurnost i pomoć u hitnim

slučajevima, sigurnosne aplikacije uključujući praćenje vozila, navođenje vozila, planinarenje, skijanje, paragliding, padobranstvo itd. (Jacobson i sur. 2017.).

GPS se može integrirati s daljinskim očitavanjem i geografskim informacijskim sustavom (GIS) kako bi se omogućile primjene u raznim područjima kao što su upravljanje prirodnim resursima, praćenje okoliša i atmosfere, precizna poljoprivreda i modeliranje okoliša, urbano planiranje, istraživanje i upravljanje šumama, ponašanje životinja studije, meteorološka i klimatska istraživanja, ublažavanje katastrofa, odgovor na hitne slučajeve, mobilno kartiranje, itd. Može pružiti vrlo precizne kontrole potrebne za satelitsku fotogrametriju za kartiranje i stvaranje stereomodela. Nevjerojatno ubrzava proces poput stvaranja nove karte, ažuriranja postojećih karata itd. (Petropoulos i sur., 2021.)

Korištenje GPS-a za utvrđivanje i validaciju tla u različitim vrstama istraživačko-razvojnih aktivnosti prvenstveno je modernizacija starih tehnika, tj. mjerenja. Temeljna istina je jednostavno opažanje ili mjerenje na površini Zemlje ili blizu nje putem zračnog ili svemirskog daljinskog istraživanja. GPS podržava identifikaciju kao i praćenje zemaljskih kontrolnih točaka i validacijskih mjesta putem svojih metoda pozicioniranja i navigacije u stvarnom vremenu. Suvremeni ručni GPS također pruža detaljan obrazac podataka s koordinatama i omogućuje istraživačima pouzdan rad u udaljenim područjima šuma, ledenjaka, brda, pustinje i mora. (Petropoulos i sur., 2021.)

### **3.5 GNSS i RTK**

RTK (Real-Time Kinematic) tehnologija temelji se na stvarnovremenoj obradi faze nositelja između bazne i pretplatničke stanice (Slika 5). Ova tehnologija je značajan napredak u GPS primjenama, jer omogućuje precizno pozicioniranje na razini centimetra u stvarnom vremenu, što je iznimno korisno u poljoprivredi, geodeziji i drugim inženjerskim primjenama. RTK sustav koristi dinamičnu faznu diferencijaciju, omogućujući trodimenzionalno pozicioniranje s vrlo visokom točnošću. (URL 5)



Slika 5: Funkcioniranje RTK tehnologije

(Izvor: URL 5)

Za razliku od konvencionalnih GPS metoda mjerenja, kao što su statička, brza statička ili dinamička mjerenja koja zahtijevaju naknadnu obradu podataka za postizanje centimetarske preciznosti, RTK omogućuje ovu razinu točnosti izravno na terenu. Bazna stanica u RTK sustavu prenosi svoja opažanja i informacije o koordinatama u stvarnom vremenu do pretplatničke stanice putem podatkovne veze. Pretplatnička stanica zatim obrađuje fazu nositelja primljenu od satelita i fazu nositelja bazne stanice, što omogućuje trenutnu obradu i određivanje koordinata s preciznošću na razini centimetra. (URL 5)

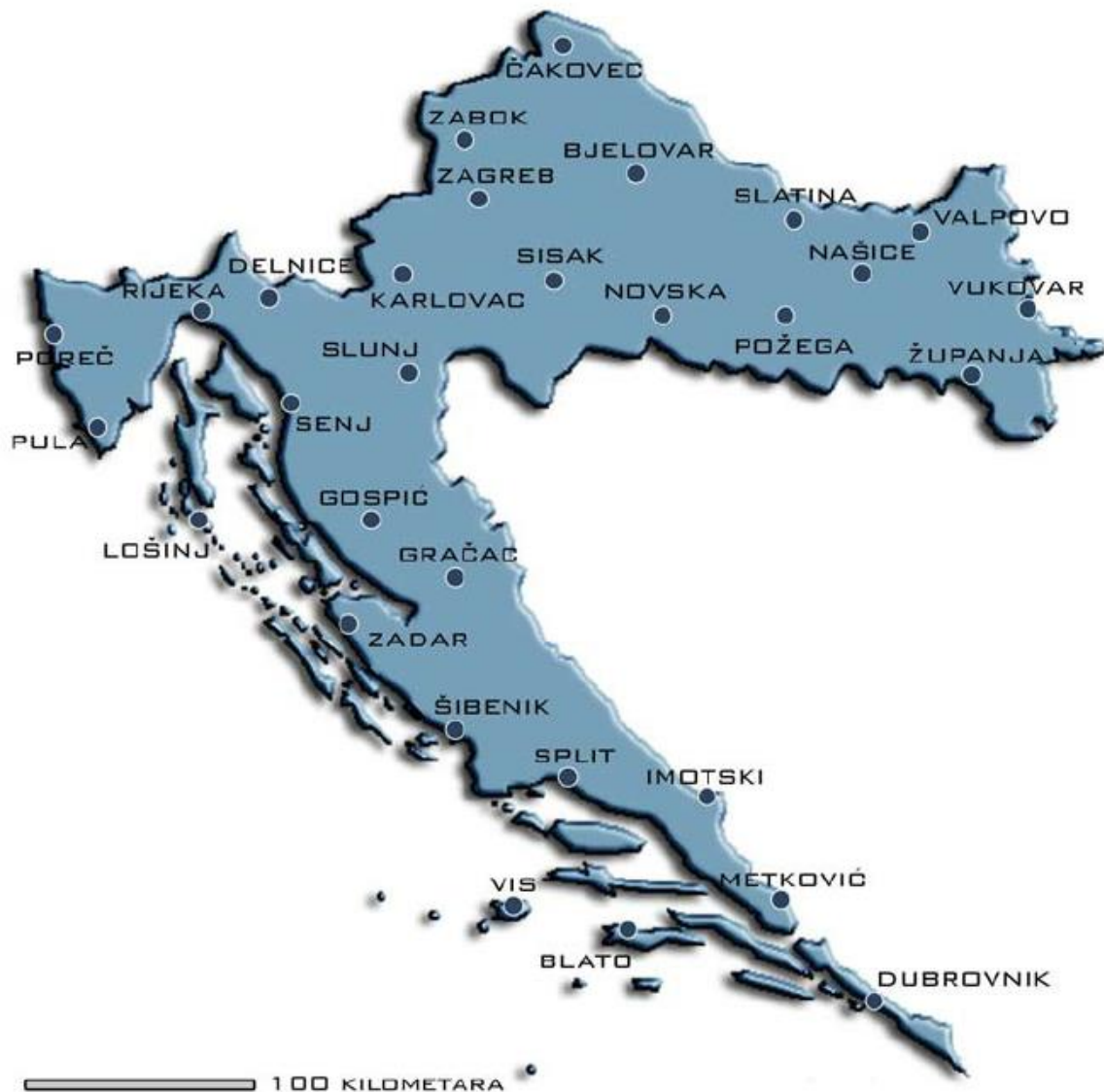
Ključni element RTK tehnologije je učinkovita obrada podataka i prijenos informacija u stvarnom vremenu. Sustav zahtijeva da bazna stanica kontinuirano prenosi podatke o svojim promatranjima (kao što su pseudorasponi i fazne vrijednosti) na pretplatničku stanicu. Ova komunikacija se obično ostvaruje putem radio veze koja mora podržavati odgovarajuću brzinu prijenosa podataka (najčešće 9600 bps), što omogućuje stabilan i pouzdan prijenos potrebnih informacija. (URL 5)

S obzirom na sve prednosti, RTK tehnologija značajno unapređuje učinkovitost terenskih operacija, omogućujući preciznije i brže obavljanje zadataka kao što su kartiranje, navigacija i upravljanje poljoprivrednim operacijama. (URL 5)



### 3.6 CROPOS

CROPOS (CROatian POsitioning System) je sustav koji se sastoji od 33 referentne GNSS stanice raspoređene na udaljenosti od približno 70 km, pokrivajući cijelo područje Republike Hrvatske (Slika 6). Glavna svrha ovih stanica je prikupljanje podataka sa satelitskih mjerenja i izračunavanje korekcijskih parametara koji su korisnicima dostupni putem mobilnog interneta. (URL 6)



Slika 6: Distribucija referentnih GNSS stanica

(Izvor: URL 6)

Sustav omogućuje prikupljanje podataka sa svih 33 referentne GNSS stanice, koje međusobno razmjenjuju podatke o mjerenjima u stvarnom vremenu sa susjednim zemljama. Kroz umrežavanje stanica, sustav izračunava korekcijske parametre i distribuira ih korisnicima na terenu, omogućujući precizno pozicioniranje u stvarnom vremenu. Osim toga, korisnicima su dostupni podaci za naknadnu obradu (post-processing), a sustav pruža podršku i nadzor 24 sata dnevno, sedam dana u tjednu. (URL 6)

Od 16. lipnja 2013. godine, pet stalnih GNSS stanica iz CROPOS sustava (CAKO - Čakovec, DUB2 - Dubrovnik, PORE - Poreč, POZE - Požega i ZADA - Zadar) integrirano je u EUREF permanentnu mrežu (EPN). Ove stanice se kontinuirano prate i analiziraju u EPN centrima kako bi se osigurala kvaliteta prikupljenih podataka i njihova konzistentnost. Uključivanje CROPOS stanica u europsku mrežu doprinosi kvaliteti referentne osnove u Europi, koja se po potrebi može dodatno zgusnuti lokalnim GNSS mjerenjima. Podaci s ovih permanentnih stanica koriste se za izračun i analizu koordinata i brzina u stvarnom vremenu, kao i za različita znanstvena istraživanja, poput geodinamičkih studija, praćenja potresa i izračuna referentnih okvira. (URL 6)

## 4. REZULTATI

### 4.1 Fendt 942 Vario

Fendt 942 Vario je traktor velike snage motora (420 KS) sa varijabilnim (CVT) tipom transmisije koji služi za obavljanje težih agrotehničkih operacija. Kombinirani agregat (Slika 7.) je traktor sa sijačicom proizvođača Vaderstadt u postrnoj sjetvi suncokreta. Dupli uski kotači služe kako traktor nebi gazio po mjestu gdje ide red zbog smanjenja gaženja tla. U tom trenutku, traktor se koristi prijamnikom Trimble AG-382 koji je spojen na CROPOS signal koji daje visoku preciznost. U slučaju transporta, skidaju se dupli kotači kako bi se smanjila širina samog stroja na cesti, a njegova velika brzina kretanja (60 km/h) mu omogućuje da što prije stigne na odredište kako bi se smanjilo vrijeme u transportu.



Slika 7: Fendt 942 Vario u postrnoj sjetvi

Tablica 1: Tehničke specifikacije traktora

<b>Snaga motora</b>	305 kW	<b>Serijski model</b>	900 Vario
<b>Stražnje gume</b>	750/70 R44	<b>Prednje gume</b>	650/60 R38
<b>Transportna širina</b>	2.75m	<b>Transportna visina</b>	3.425 m
<b>Brzina putovanja</b>	60 km/h	<b>Vrsta prijenosa</b>	stfl.
<b>Težina</b>	11.8 t	<b>Kontrolna jedinica</b>	8 ew/dw
<b>Upravljanje</b>	h	<b>Kategorija tri boda</b>	3
<b>Vrsta motora</b>	k.A.	<b>Pomak</b>	9.037 l
<b>Broj okretaja pri maksimalnom momentu</b>	1700 rpm	<b>Maks. zakretni moment</b>	1970 Nm
<b>Broj cilindara</b>	6	<b>Provrt cilindra x hod</b>	115x145 mm
<b>Razina emisije</b>	V		

(Izvor: URL 7)

#### 4.2 Sijačica Vaderstadt Tempo L 24

Sijačica Vaderstadt Tempo L 24 u originalu dolazi sa 24 radna tijela (reda), no zbog potreba gospodarstva je smanjena na 16 (Slika 8). U slučaju 24 radna tijela, razmak između redova nije uobičajenih 70cm, već 508mm (50.8cm) što više pogoduje sjetvi šećerne repe ili soje, no za kukuruz i suncokret je pogodnije ovako. Svojim velikim radnim zahvatom (11,2m) omogućuje sijanje velikih površina u kraćem vremenu. Ovisno o uvjetima rada, na 8 sati smjene stigne posijati oko 45ha.



Slika 8: Sijačica Vaderstadt Tempo L 24

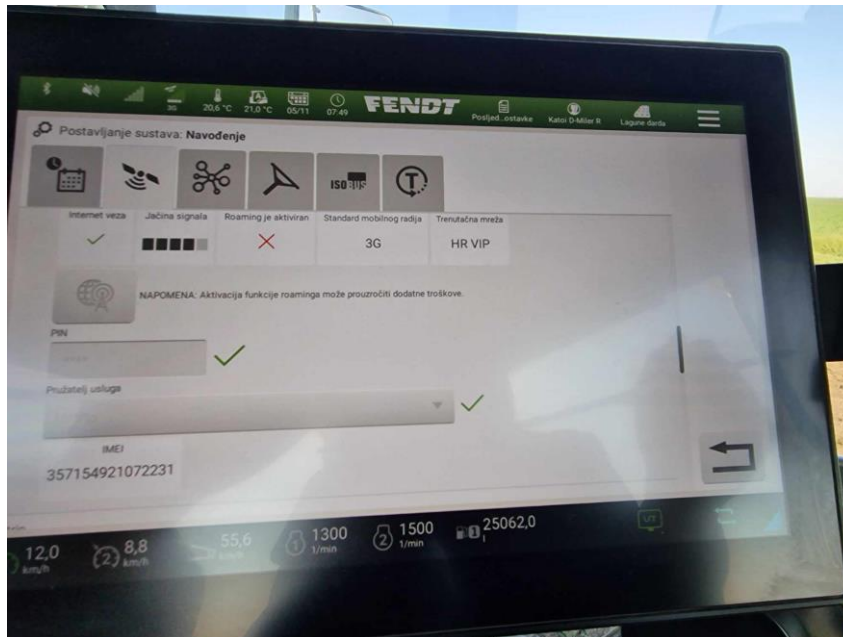
Tablica 2: tehničke specifikacije sijačice Vaderstadt Tempo L

Radna širina	11.2m	Transportna širina	3m
Transportna visina	4m	Udaljenost između redova	700mm
Broj raonika	16	Broj pritisnih valjaka	16
Potrebna snaga	257 kW	Težina	9200 kg

(Izvor: URL 8)

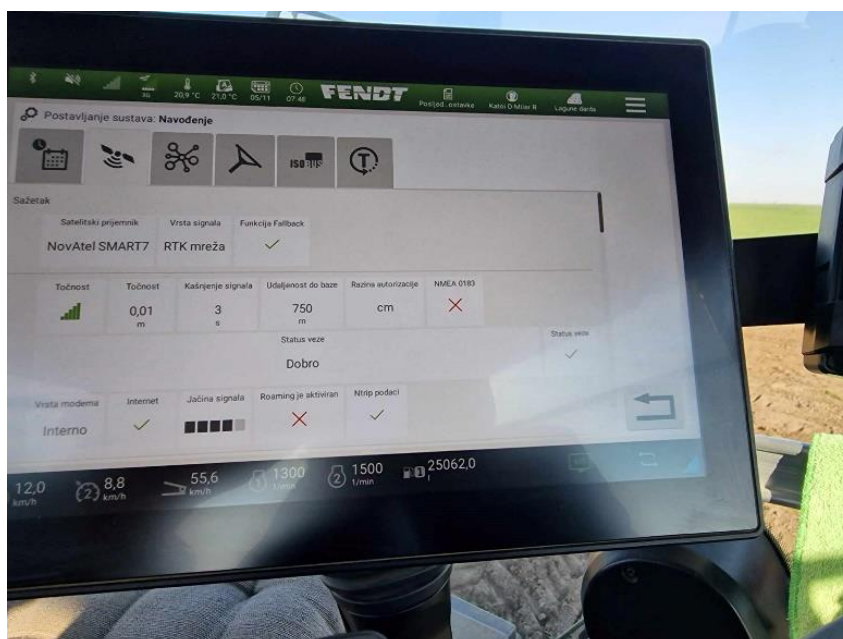
### 4.3 Fendtova sučelja na navigaciji

Slika 9 prikazuje sučelje odabira korekcijskog signala (u ovom slučaju CROPOS RTK).



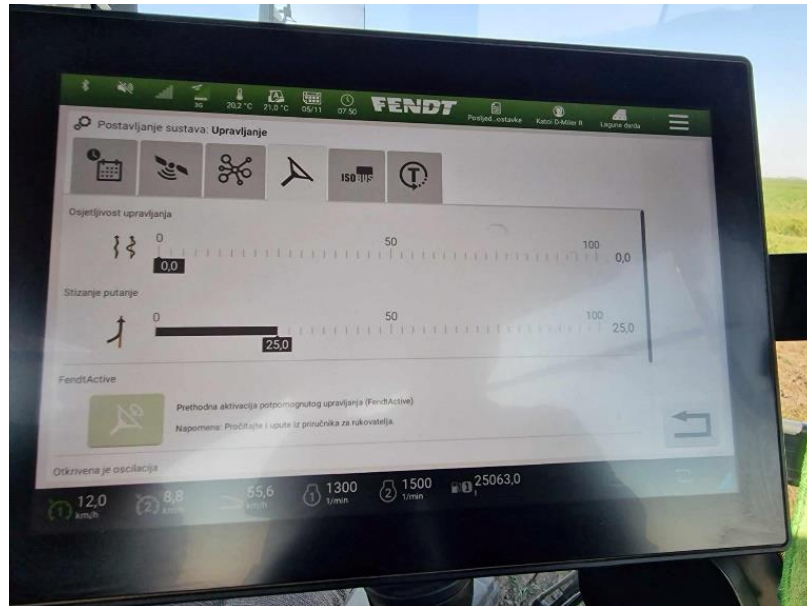
Slika 9: početni izbornik u postavljanju navigacije

Na slici 10 se može vidjeti drugi dio početnog zaslona u postavljanju same navigacije, prikazuje nam određene parametre poput vrste signala, razine autorizacije, kašnjenja signala te jačine samog signala.



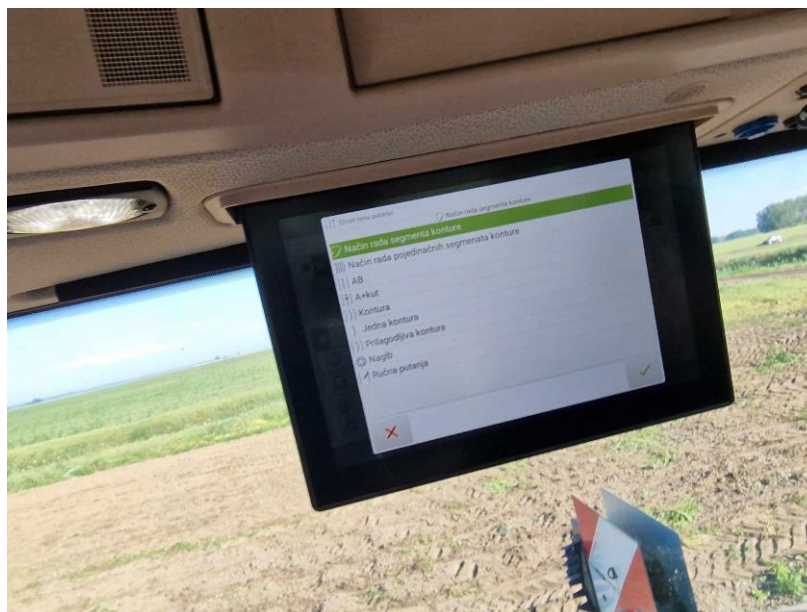
Slika 10: početni izbornik u postavljanju navigacije

Slika 11 prikazuje podešavanje osjetljivosti upravljanja i vožnju do trase. Promjenom vrijednost mijenja se odziv upravljača na trasi i ovisi o prednjem balstrianju, tlaku u gumama, priključnom stroju, vrsti/stanju tla i slično. Traktor, ako siđe sa svoje putanje, se vraća na trasu nježno i postepeno, te ako se smatra da se vozilo vraća na trasu previše agresivno ili pre sporo može se podesiti.



Slika 11: podešavanje osjetljivosti upravljanja i vožnje po trasi

Slika 12 prikazuje odabir konture na određenu trasu, i različite načine prilagođavanja istoj.



Slika 12: odabir konture

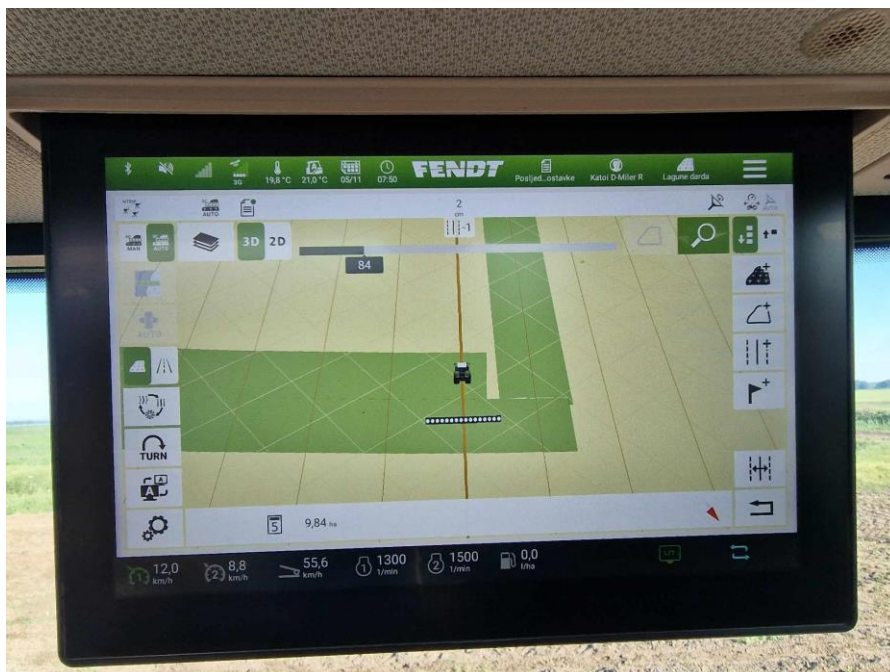


Slika 13 prikazuje izbornik za podešavanje stalnih tragova, dakle ako je potrebno da (u ovom slučaju sijačica) gasi određene redove u prohodima radi stvaranja stalnih tragova, moraju se podesi širina aplikatora, širina osovina i širina guma kako bi stroj znao koje redove gasiti.



Slika 13: izbornik za podešavanje stalnih tragova

Na slici 14 se vidi položaj agregata u odnosu na već obrađeno tlo.



Slika 14: prikaz položaja agregata s obzirom na već odrađene prohode

Slika 15 prikazuje dimenzije priključnog stroja. Ove dimenzije se moraju postaviti pravilno, u suprotnom navigacije neće dobro raditi, jer će misliti da je stroj uži ili širi, pa ni kontrola sekcija neće gasiti redove na vrijeme.



Slika 15: dimenzije priključnog stroja s obzirom na pogonski

Na slici 16 su prikazane potrebne kalibracije navigacije, ogibljenje prednje osovine, žiroskop, ventil grijača itd.



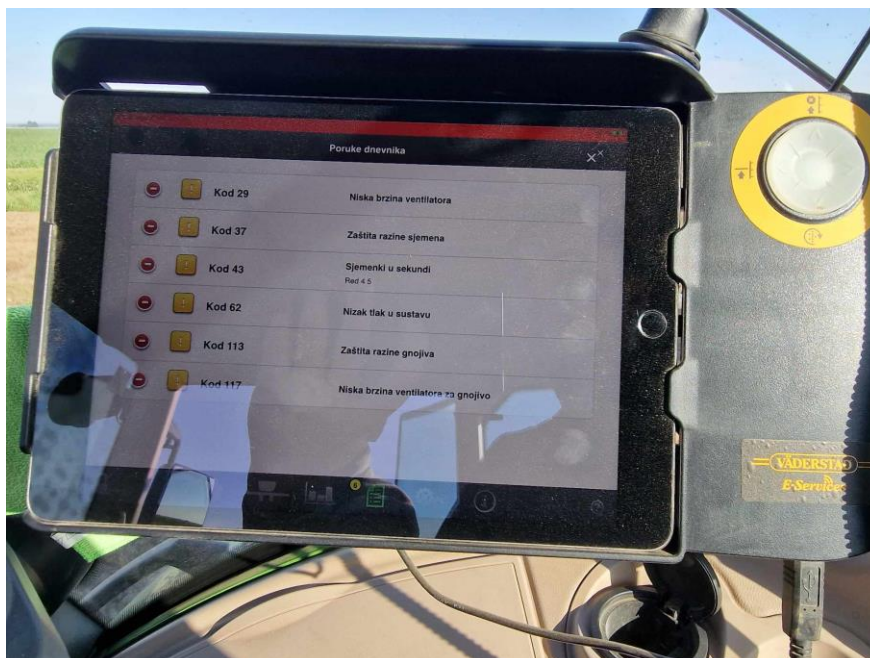
Slika 16: kalibracije

Slika 17 prikazuje postavke za podešavanje količine gnojiva i namještenu normu.



Slika 17: postavke podešavanja aplikacije gnojiva

Na agregatu se mogu izbacivati određeni kodovi grešaka koje su učestalije, no ne znači da je agregat u kvaru, na slici 18 je prikazano što koji kod znači.



Slika 18: kodovi pogrešaka na sijačici

Kao i što se može upravljati normom gnojiva, tako se može i upravljati normom sjemena, odnosno sklopom biljaka/ha, na slici 19 je prikazana trenutna namještena norma sjemena, razmak između sjemena i jedinica redova.



Slika 19: upravljanje normom sjemena

Slika 20 prikazuje normu sjemena općenito, no ova vrsta navigacije može prikazivati i normu sjemena po sjetvenoj jedinici i rukovatelj može uočiti ako nešto nije u redu sa određenom sjetvenom jedinicom.



Slika 20: prikaz norme sjemena po sjetvenoj jedinici

Ova sijačica ima mogućnost korigiranja pritiska sjetvene jedinice na tlo, pa je tako u ovom slučaju namješteno na 80kg, odnosno 784,4N. (Slika 21)



Slika 21: pritisak sjetvene jedinice na tlo (784,4 N/80 kg)

Slika 22 prikazuje ispravnost sjetvenih jedinica, odnosno odstupanja u količini apliciranog sjemena za pojedine sjetvene jedinice, i ako se prekrížena sjetvena jedinica crveni, znači da ne aplicira dovoljnu količinu sjemena, što će reći da je mogućnost štopanja ili sl.



Slika 22: prikaz ispravnosti sjetvenih jedinica

## 5. RASPRAVA

Barbić (2021.) ističe da je primjena sustava navođenja važna i u sjetvi, jer svaka biljka mora imati dovoljno prostora za pravilan rast i razvoj. Stoga je bitno da se sjetva obavi na pravilan način, gdje svako sjeme mora pasti na određeno mjesto i na odgovarajući razmak, što se postiže pomoću različitih sustava navođenja. Kvaliteta sjetve ima značajan utjecaj na očekivani prinos, a greške napravljene tijekom sjetve obično se kasnije ne mogu ispraviti drugim zahvatima. To je zbog relativno kratkih i važnih agrotehničkih rokova za većinu kultura koje se uzgajaju u Republici Hrvatskoj. Uočava se da je primjena kontrole i praćenja brojnih elemenata u procesu sjetve postala nužnost, što čini sastavni dio precizne poljoprivrede. Velika i stalna potreba za hranom potaknula je napredak tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji, a time i razvoj poljoprivredne mehanizacije. Pojava sve naprednijih i sofisticiranijih strojeva zahtijeva njihovo optimalno korištenje, što je ključno za postizanje veće produktivnosti rada i (u konačnici) nižih troškova hrane. Suvremena opremljenost imanja mehanizacijom karakterizira se racionalnim opremanjem u kvalitativnom i kvantitativnom smislu, stalnim praćenjem razvoja novih tehnologija i nastojanjima za njihovo uvođenje na imanje, organiziranjem rada u više smjena, te obavljanjem radova unutar agrotehničkih rokova i korištenjem novih mogućnosti upravljanja (Brkić i sur., 2005).

Prema prethodnim navodima, sve upućuje na to da je korištenje bilo kakve tehnologije u poljoprivredi uvelike olakšalo posao i smanjivalo troškove, tako se i u tvrtci Belje d.o.o. pokazalo jako prihvatljivo. 16-redna sjetva kukuruza se čini optimalnom za veličinu polja koja su u posjedu te tvrtke, stoga su ispitivanja provedena na takvim sijačicama. Već 2012. godine se na Belju provelo jedno sa sijačicom Great Plains te je pokazalo dobre rezultate. (URL 9)

Prema riječima onih koji su ispitivali, smatrali su to tada skupom tehnologijom, no isplativom. Istraživanje je davalo rezultate kako precizna sjetva omogućuje do 30% veće prinose. Ispitivanje je provedeno na sijačici Horsch Maestro sa 16 radnih tijela. Brzina sjetve između 12 i 13 kilometara na sat, obzirom na vremenske uvjete daje rezultat da se u 24 sata može posijati 200hektara. Veliki spremnici za gnojivo i sjeme također umanjuju broj zastoja i dopunjavanja istih. U spremnik gnojiva se može ubaciti čak 7000kg, a u sjeme 2000kg. (URL 9)

Učestalost propadanja sjemena od 30 Hz odgovara normi sjetve od 90.000 zrna po hektaru pri radnoj brzini od 15 km/h. Kritičan moment za ovakve rezultate je "glatko" prelaženje sa kružnog na linearno kretanje zrna. Jednostavno su eliminirane nepotrebne centrifugalne sile tokom padanja zrna. Ova izuzetna preciznost ovisi o učestalosti rotacije diska, a posebno se kontrolira putem senzora. (URL 10)

Program na ISOBUS terminalu je tako podešen da rukovatelj može lako uočiti nastanak praznih mjesta ili duple sjetve, kao i varijaciju za svaku sekciju posebno. To omogućava rukovatelju da se prilagodi svim mogućim uvjetima sjetve kako bi postigao maksimalan učinak i kvalitetu sjetve, a sustavom upravljanja na Belju ne dolazi do duplog sijanja jer se isključuju sekcije. (URL 10)

Ova tehnologija je primjerena u situacijama kada potencija prinosa bijke nije ugrožen s raspoloživim količinama vode. Dunavski rit sadrži visoku razinu podzemne vode i glineno tlo koje duže zadržava vodu pa je iz toga razloga i odabrana navedena tehnologija, koja omogućuje povećanje prinosa kukuruza od 10 do 30%. (URL 10)

## 6. ZAKLJUČAK

Tehnologija je pridonijela uvelike svakodnevnom životu u svakom pogledu, pa tako i u ovoj struci. U poljoprivredi donosi jako puno pozitivnih stvari zbog kojih je olakšana i sama poljoprivredna proizvodnja. Smanjivanje inputa u agrotehničkim operacijama ne samo da štedi novac, već i uloge goriva, sjemena, gnojiva i smanjuje preklapanja.

Satelitska navigacija agregata omogućuje odmor samom rukovatelju stroja pa i pomaže u koncentraciji na ostale stvari. Uz satelitske navigacije možemo voziti po zamišljenoj putanji, dok u praksi bez tehnologije je to gotovo nemoguće. Sama navigacija nije samo upravljanje kretanjem agregata, ISOBUS omogućuje praćenje raznih stvari prilikom sjetve. Kontrola količine sjemena omogućuje da postignemo željeni sklop biljaka po hektaru, a kontrola gnojiva može smanjivati troškove gnojiva, pošto su polja heterogena što se tiče hraniva, sami ISOBUS može kontrolirati količinu potrebnog hranjiva za određenu lokaciju na polju.

Uz sve pozitivne strane navigacije postoje i negativne, poput grešaka koje nastaju u samom navođenju, poput multipatha ili pogrešaka efemerida itd. Isto tako, dostupnost tehnologije u državama sa slabije razvijenom tehnologijom, može doći do problema sa dostupnosti signala. Ako sijačica izgubi signal, dolazi do zastoja čitavog agregata. Uz tehničke probleme, dolaze i problemi održavanja, više kvarova na sensorima ima utjecaj na financije, i samu mogućnost obrade tla, s obzirom da je poljoprivreda posao koji dosta ovisi o meteorološkim prilikama, agregat u kvaru nije poželjan u povoljnim trenucima.

Kao i sve ostalo, i ova tehnologija ima svoje prednosti i mane, no dovoljno je korisna da se primjenjuje i time znatno olakšava posao rukovateljima.



## 7. Popis literature

1. Ali, I., Hershey, J.E., Hladik, S.M., Hassan, A.A., Channakeshu, S., Koilpillai, R.D., Welles, I.K.B., Tomlinson, H.W., (1996.): Protocol and Mechanism for Primary and Mutter Mode Communication for Asset Tracking, 1996, US5588005
2. Banaj, Đ., Šmrčković, P. (2003.): Upravljanje poljoprivrednom tehnikom, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
3. Barbić, D.: Primjena automatski sustava navođenja strojeva u poljoprivredi, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 2021
4. Cherniak, I. Zakharenkova, I., Redmon, R.J., (2015.): Dynamics of the high latitude ionospheric irregularities during the 17. March 2015. St. Patrick's Day storm: ground based GPS measurements, Space Weather 13 (9) 585-597
5. Dorsey, A.J., Marquis, W.A., Betz, J.W., Hegarty, C.J., Kaplan, E.D., Ward, P.W., Pavloff, M.S., Fyfe, P.M., Milbert, D., Wiederholt, L.F., (2017.): Global positioning system, u: E.D. Kaplan, C.J. Hegarty (ur.), Understanding GPS/GNSS-Principles and Applications, Artech House, London
6. Dow, J.M., Neilan, R.E., Weber, R., Gendt, G., (2007.): Galileo and the IGS: taking advantage of multiple GNSS constellations, Adv. Space Res. 39 1545-1551, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.04.064>.
7. El-Rabbany, A., (1994.): The Effect of Physical Correlations on the Ambiguity Resolution and Accuracy Estimation inGPS Differential Positioning, 44 Introduction to GPS Technical Report No. 170, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, Fredericton, New Brunswick, Canada: University of New Brunswick,
8. El-Rabbany, A., (2006.): Introduction to GPS: The Global Positioning System, Artech House,
9. Gopi, S., (2005.): Global Positioning System: Principles and Applications, Tata McGraw-Hill Education,
10. Gupta, K., (2007.): Urban flood resilience planning and management and lessons for the future: a case study of Mumbai, India, Urban Water J. 4 (3) 183-194.
11. Hadas, T., Kazmierski, K., Sosnica, K., (2019.): Performance of Galileo-only dual-frequency absolute positioning using the fully serviceable Galileo constellation, GPS Solut. 23 108, <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0900-9>

12. Hein, G.W., (2000.): From GPS and GLONASS via EGNOS to galileo positioning and navigation in the third millennium, *GPS Solut.* 3 39-47.
13. Hoffmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J., (1994.): *Global Positioning System: Theory and Practice*, third ed., Springer-Verlag, New York,.
14. Huang, Y., He, Q., Wang, Y., Xie, Z., Wang, T., (2014.): Research on global positioning system in mobile communication equipment based on android platform, *Int. Conference e-Educat., e-Business Informat. Manage. (ICEEIM (2014))*.
15. Inaba N., Matsumoto, A., Hase, H., Kogure, S., Sawabe, M., Terada, K., (2009.): Design concept of Quasi Zenith satellite system, *Acta Astronaut.* 65 1068-1075, <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.068>.
16. Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A., Bauer, Z. A., Goodman, S. C., Chapman, W. E., Cameron, M. A., ... & Yachanin, A. S. (2017): 100% clean and renewable wind, water, and sunlight all-sector energy roadmaps for 139 countries of the world. *Joule*, 1(1), 108-121.
17. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): *Geoinformacijski sustavi - GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša*, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
18. Kaplan, E., (1990.): *Understanding GPS: Principles and Applications*, Artech House, Norwood, MA,
19. Kaplan, E., Hegarty, C., (2017.): *Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications*, u: *GNSS Technology and Applications Series*, Artech House Publisher,
20. Karaim, M., Elsheikh, M., Noureldin, A., (2018.): *GNSS Error Sources. Multifunctional Operation and Application of GPS*, <https://doi.org/10.5772/intechopen.75493>.
21. Kleusberg, A., Langley, R.B., (1990.): *The Limitations of GPS*, vol. 1, *GPS World*, pp. 50-52. No. 2
22. Komjathy, L., (1997.): *Global Ionospheric Total Electron Content Mapping Using the Global Positioning System*, Ph.D. Dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, Technical Report No. 188, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada,
23. Langley, R.B. (1993.): *Communication Links for DGPS*, sv. 4, *GPS World*, , pp. 47-51. No. 5
24. Langley, R.B.(1991.): *Orbite GPS satelita*, sv. 2, *GPS World*, str. 50-53. No. 3.
25. Langley, R.B. (1993.): *The GPS Observables*, sv. 4, *GPS World*, , pp. 52-59. No. 4.

26. Lennen, G.R., (1999.): Combined GPS/GLONASS Satellite Positioning System Receiver, US5923287A.
27. Maki, S.C., (1996.): GPS/GLONASS Travel Recorder, , US5557524A.
28. May, M., Kreisher, E., Nasuti, T., Sives, C., (1990.): Evaluation of GPS receiver ranging accuracy, u: IEEE Symposium on Position Location and Navigation. A Decade of Excellence in the Navigation Sciences. Presented at the IEEE Symposium on Position Location and Navigation. A Decade of Excellence in the Navigation Sciences, IEEE, Las Vegas, NV, USA, pp. 314-321, <https://doi.org/10.1109/PLANS.1990.66194>.
29. Mitchell, C.N., Alfonsi, L., De Franceschi, G., Lester, M., Romano, V., Wernik, A.W., (2005.): GPS TEC and scintillation measurements from the polar ionosphere during the October 2003 storm, *Geophys. Res. Lett.* 32 (12)
30. Mosavi, M.R., Azad, M.S., EmamGholipour, I., (2013.): Position estimation in single-frequency GPS receivers using kal- man filter with pseudo-range and carrier phase measurements, *Wireless Pers. Commun.* 72 2563-2576, <https://doi.org/10.1007/s11277-013-1166-0.33>.
31. Mulla, A., Baviskar, J., Baviskar, A., Bhovad, A., (2015.): GPS assisted Standard Positioning Service for navigation and tracking: review implementation, in: 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC). Presented at the 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC), pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/PERVASIVE.2015.7087165>.
32. Parkinson, B., et al., (1996.): *Global Positioning System: Theory and Applications*, sv. I, American Institute for aeronautics and astronautics , Washington, DC,
33. Petropoulos, G., George, P., Prashant, K. Srivastava, eds. (2021.): *GPS and GNSS Technology in Geosciences*. Elsevier,
34. Pi, X., Mannucci, A.J., Lindqwister, U.J., Ho, C.M., (1997.): Monitoring of global ionospheric irregularities using the worldwide GPS network, *Geophys. Res. Lett.* 24 (18) 2283-2286.39.
35. Prikryl, P., Ghoddousi-Fard, R., Kunduri, B.S.R., Thomas, E.G., Coster, A.J., Jayachandran, P.T., Spanswick, E., Danskin, D.W., (2013.): GPS phase scintillation and proxy index at high latitudes during a moderate geomagnetic storm, *Ann. Geophys.* 31 805-816, <https://doi.org/10.5194/angeo-31-805-2013>.

36. Pullen, E., Shaw, F., Frye, S., (2014.): GPS III Accuracy and Integrity Improvements Using ARAIM with Shorter Age of Podaci, ION-GNSS-2014,
37. Shaw, M., Sandhoo, K., Turner, D., (2000.): Modernization of the Global Positioning System, vol. 11, GPS World, pp. 36-44, 9.
38. Skone, S., Cannon, M.E., (1999.): Ionospheric effects on differential GPS applications during auroral substorm activity, ISPRS J. Photogram. Remote Sens. 54 (4) 279-288.
39. Weill, L.R., (1997): Conquering Multipath: The GPS Accuracy Battle, sv. 8, GPS World,, pp. 59-66. No. 4.
40. Wells, D.E., et al., (1997.) Guide to GPS Positioning, Fredericton, Canadian GPS Associates, New Brunswick,.
41. Whipker, L., Akridge, J. (2007.): Precision Agricultural Services Dealership Survey Results. Department of Agricultural Economics. No. 07-13. Purdue University, Working Paper
42. Ya'acob, N., Abdullah, M., Ismail, M., (2010.): GPS total electron content (TEC) prediction at ionosphere layer over theequatorial region, in: C.J. Bouras (Ed.), Trends in Telecommunications Technologies, (InTech).
43. Zhang, X., Wu, M., Liu, W., Li, X., Yu, S., Lu, C., Wickert, J., (2017.): Initial assessment of the COMPASS/BeiDou-3: newgeneration navigation signals, J. Geodes. 91 1225-1240.

URL 1: [https://www.researchgate.net/figure/Three-segments-of-GPS-The-user-segment-needs-only-a-one-way-signal-to-operate-while\\_fig7\\_316035072](https://www.researchgate.net/figure/Three-segments-of-GPS-The-user-segment-needs-only-a-one-way-signal-to-operate-while_fig7_316035072) ( pristupljeno 22.8.2024.)

URL 2: <https://medium.com/predict/multipath-errors-in-gps-signals-de3a20440cf9> (Pristupljeno: 22.8.2024.)

URL 3: <https://www.meteoadriatic.net/detekcija-poremecaja-ionosfere-putem-gps-sustava-kaoposljedice-aktivnosti-vulkana-etna/> (Pristupljeno: 23.8.2024.)

URL 4: <https://www.marine-pilots.com/articles/14518-gps-part-2-physical-and-technical-errors-of-gnss-error-analysis> (Pristupljeno: 24.8.2024.)

URL 5: <http://hr.gnscomponent.com/news/what-is-an-rtk-what-is-the-difference-between-26037371.html> (Pristupljeno: 25.8. 2024.)

URL 6: <https://www.cropohr/> (Pristupljeno: 25.8.2024.)

URL 7: <https://www.lectura-specs.hr/hr/model/poljoprivredni-strojevi/4wd-traktori-fendt/942-vario-profi-11724976> (Pristupljeno: 29.8.2024.)

URL 8: <https://www.lectura-specs.hr/hr/model/poljoprivredni-strojevi/strojevi-za-sjetvu-vaderstad/tempo-l-16-11695954> (Pristupljeno: 29.8.2024.)

URL 9: <https://www.agroklub.com/pretraga/?query=Sjetva%20kukuza> (Pristupljeno: 29.8.2024.)

URL 10: <https://www.fendt.com/us/technologies/machine-control> (Pristupljeno 29.8.2024.)

## **8. Sažetak**

Precizna poljoprivreda uključuje korištenje tehnologija za postizanje boljih rezultata u smislu prinosa i smanjivanja troškova. U radu se govori o načinu rada sustava precizne poljoprivrede i primjene iste na agrotehničkom zahvatu sjetve. Prikazana je sjetva kukuruza unutar sustava precizne poljoprivrede pomoću GPS uređaja. Istraživanja sjetve kukuruza provedena su na oranicama tvrtke „Belje“ d.d.. Korišten je GPS uređaj „Trimble AG-382“ koji je povezan s elektroničkim kontrolorom sijačice „Vaderstadt Tempo L“. Ova tehnologija rezultira uštedom radnog vremena i novca, te povećanjem količine i kvalitete prinosa.

## **9. Summary**

Precision agriculture involves the use of technologies to achieve better results in terms of yield and lower costs. The paper discusses the method of operation of the precision agriculture system and its application to the agrotechnical procedure of sowing. The sowing of corn within the system of precision agriculture using a GPS device is shown. Maize sowing research was carried out on the arable land of the company "Belje" d.d.. The GPS device "Trimble AG-382" was used, which is connected to the electronic controller of the seeder "Vaderstadt Tempo L". This technology results in savings of working time and money, as well as an increase in the quantity and quality of yields.

## **10. Popis tablica**

Tablica 1: Tehničke specifikacije traktora

Tablica 2: Tehničke specifikacije sijačice Vaderstadt Tempo L



## **11. Popis slika**

Slika 1: Sva tri segmenta GPS-a

Slika 2: Multipath pogreška

Slika 3: Ionosfersko kašnjenje

Slika 4: Prikaz pogreške efemerida

Slika 5: Funkcioniranje RTK tehnologije

Slika 6: Distribucija referentnih GNSS stanica

Slika 7: Fendt 942 Vario u postrojnoj sjetvi

Slika 8: Sijačica Vaderstadt Tempo L 24

Slika 9: Početni izbornik u postavljanju navigacije

Slika 10: Početni izbornik u postavljanju navigacije

Slika 11: Podešavanje osjetljivosti upravljanja i vožnje po trasi

Slika 12: Odabir konture

Slika 13: Izbornik za podešavanje stalnih tragova

Slika 14: Prikaz položaja agregata s obzirom na već odrađene prohode

Slika 15: Dimenzije priključnog stroja s obzirom na pogonski

Slika 16: Kalibracije

Slika 17: Postavke podešavanja aplikacije gnojiva

Slika 18: Kodovi pogrešaka na sijačici

Slika 19: Upravljanje normom sjemena

Slika 20: Prikaz norme sjemena po sjetvenoj jedinici

Slika 21: Pritisak sjetvene jedinice na tlo (784,4 N / 80 kg)

Slika 22: Prikaz ispravnosti sjetvenih jedinica

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij

Postupak postavljanja i implementacije CROPOS *Real-Time Kinematic* (RTK) navigacije  
poljoprivredne tehnike u preciznoj sjetvi

Nikola Makaj

## Sažetak

Precizna poljoprivreda uključuje korištenje tehnologija za postizanje boljih rezultata u smislu prinosa i smanjivanja troškova. U radu se govori o načinu rada sustava precizne poljoprivrede i primjene iste na agrotehničkom zahvatu sjetve. Prikazana je sjetva kukuruza unutar sustava precizne poljoprivrede pomoću GPS uređaja. Istraživanja sjetve kukuruza provedena su na oranicama tvrtke „Belje“ d.d.. Korišten je GPS uređaj „Trimble AG-382“ koji je povezan s elektroničkim kontrolorom sijačice „Vaderstadt Tempo L“. Ova tehnologija rezultira uštedom radnog vremena i novca, te povećanjem količine i kvalitete prinosa.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof.dr.sc. Dorijan Radočaj

**Broj stranica:**46

**Broj grafikona i slika:** 22

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 43

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** Navigacija, GNSS i RTK, Funkcioniranje GNSS-a, Kontrola sekcija, CROPOS

**Datum obrane:** 24.9.2024.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr.sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. dr. sc. Dorijan Radočaj, mentor
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, član

**Rad je pohranjen u:** u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Procedure for setting up and implementing CROPOS Real-Time Kinematic (RTK)  
navigation of agricultural machinery in precision sowing

Nikola Makaj

**Abstract**

Precision agriculture involves the use of technologies to achieve better results in terms of yield and lower costs. The paper discusses the method of operation of the precision agriculture system and its application to the agrotechnical procedure of sowing. The sowing of corn within the system of precision agriculture using a GPS device is shown. Maize sowing research was carried out on the arable land of the company "Belje" d.d.. The GPS device "Trimble AG-382" was used, which is connected to the electronic controller of the seeder "Vaderstad Tempo L". This technology results in savings of working time and money, as well as an increase in the quantity and quality of yields.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** dr.sc. Dorijan Radočaj

**Number of pages:** 46

**Number of figures:** 22

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 43

**Original in:** Croatian

**Key words:** Navigation, GNSS and RTK, GNSS functioning, Section control, CROPOS

**Thesis defended on date:** 24.9.2024.

**Reviewers:**

1. prof. dr.sc. Ivan Plaščak, president
2. dr. sc. Dorijan Radočaj, mentor
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, member

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek