

# Eksploatacijska analiza rada traktorsko-strojnih agregata opremljenih navigacijskim uređajem

---

**Petričević, Marko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:563088>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



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**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU**

Marko Petričević

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**Eksploatacijska analiza rada traktorsko-strojnih agregata  
opremljenih navigacijskim uređajem**

**Diplomski rad**

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Marko Petričević

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**Eksploatacijska analiza rada traktorsko-strojnih agregata  
opremljenih navigacijskim uređajem**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. dr. sc. Željko Barač, član

Osijek, 2021.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	2
<b>3. MATERIJAL I METODE</b> .....	7
3.1 Metoda izračuna površina preklopa .....	7
3.1.1 Površina prosječne parcele .....	7
3.1.2 Iskorištenje radnog zahvata pri ručnom upravljanju .....	8
3.1.3 Iskorištenje radnog zahvata pri korištenju automatskog upravljanja .....	8
3.2 Postupak izračuna površina preklopa .....	9
3.2.1 Izračun potrebnog broja prohoda za obradu prosječne parcele .....	10
3.2.2 Izračun pojedinih površina i ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli .....	12
<b>4. REZULTATI</b> .....	13
4.1 Precizna poljoprivreda .....	13
4.1.1 Prikupljanje podataka .....	13
4.1.2 Precizna poljoprivreda u oranju .....	17
4.1.3 Predsjetvena priprema tla pomoću precizne poljoprivrede .....	18
4.1.4 Precizna poljoprivreda u sjetvi .....	18
4.1.5 Precizna poljoprivreda u gnojidbi .....	19
4.1.6 Precizna poljoprivreda u zaštiti bilja .....	21
4.1.7 Navigacijski sustavi u poljoprivredi .....	23
4.2 Primjena navigacije na OPG-u Mitrović .....	29
4.2.1 John Deere navigacija u poljoprivredi .....	30
4.3 Dimenzije prosječne parcele .....	37
4.4 Izračun površine preklopa pri ručnom upravljanju .....	38
4.4.1 Izračun eksploatacijskog radnog zahvata pri ručnom upravljanju .....	38
4.4.2 Površina preklopa pri radu s tanjuračem .....	38
4.4.3 Površina preklopa pri radu drljačem .....	39
4.4.4 Površina preklopa pri radu sjetvospremačem .....	40
4.4.5 Površina preklopa pri radu prskalicom .....	41
4.4.6 Površina preklopa pri radu s rasipačem mineralnog gnojiva .....	42
4.4.7 Površina preklopa pri radu s kosilicama .....	43
4.5 Izračun površine preklopa pri automatskom upravljanju .....	45
4.5.1 Izračun eksploatacijskog radnog zahvata pri automatskom upravljanju .....	45
4.5.2 Površina preklopa pri radu tanjuračem .....	45

4.5.3 Površina preklopa pri radu drljačom.....	46
4.5.4 Površina preklopa pri radu sjetvospremačem.....	47
4.5.5 Površina preklopa pri radu prskalicom.....	48
4.5.6 Površina preklopa pri radu s rasipačem mineralnog gnojiva .....	49
4.5.7 Površina preklopa pri radu s kosilicama.....	50
4.6 Usporedba površina preklopa nastalih obradom prosječne parcele.....	52
4.7 Površina preklopa pri proizvodnji pojedinih kultura.....	52
4.7.1 Proizvodnja kukuruza.....	52
4.7.2 Proizvodnja djetelinsko travnih smjesa.....	55
4.7.3 Proizvodnja pšenice i ječma.....	58
4.8 Površine preklopa u ukupnoj proizvodnji .....	62
<b>5. RASPRAVA .....</b>	<b>63</b>
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>66</b>
<b>7. POPIS LITERATURE .....</b>	<b>67</b>
<b>8. SAŽETAK.....</b>	<b>69</b>
<b>9. SUMMARY.....</b>	<b>70</b>
<b>10. POPIS TABLICA .....</b>	<b>71</b>
<b>11. POPIS SLIKA .....</b>	<b>72</b>

## **Popis kratica**

GNSS – Globalni Navigacijski Satelitski Sustav

OPG – Obiteljsko Poljoprivredno Gospodarstvo

RTK – pozicioniranje u stvarnom vremenu (skraćenica od Real Time Kinematic)

SF3 – poboljšani korekcijski signal (skraćenica od StarFire3)

SF1 – besplatni korekcijski signal (skraćenica od StarFire1)

GIS – Geoinformacijski sustavi

DGNSS – Diferencijalni način pozicioniranja pomoću Globalnog Navigacijskog Satelitskog Sustava

NAVSTAR - službeno ime Ministarstva obrane SAD-a za Globalni Navigacijski Satelitski Sustav (skraćenica od Navigation Satellite Timing and Ranging)

GPS - američki sustav navigacijskog sustava (skraćenica od Global Positioning System)

## 1. UVOD

U današnjem svijetu napredak tehnologije utječe na mnoge djelatnosti, pa tako i na poljoprivredu. Ono što je nekad bilo dostupno samo vojnoj industriji i upotrebi, kroz vrijeme je postalo dostupno svim korisnicima. Za poljoprivrednike diljem svijeta najznačajnija je upotreba globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS-a) koji uvelike olakšava rad i povećava proizvodnost.

Za poljoprivredu se kaže kako je to tvornica pod otvorenim nebom te je nemoguće utjecati na prilike i neprilike izazvane vremenskim promjenama. Stoga je preporuka posvetiti se problemima koje je moguće riješiti. Među tim problemima očituje se i preklapanje prohoda pri obavljanju gotovo svih agrotehničkih operacija. Zahvaljujući upravo razvoju tehnologije ovaj problem je lako rješiv te je moguće ostvariti bolje iskorištenje stroja, odnosno radnog zahvata istog. Smanjivanjem površine preklopa uvelike se štedi na resursima kao što je gorivo, gnojivo, pesticidi, herbicidi te se smanjuje vrijeme rada, odnosno povećava se učinak agregata.

Ono što se nekad smatralo dalekom budućnosti moguće je ostvariti već danas. Tako veliki broj poljoprivrednih proizvođača, uključujući i velike i male, kako u Hrvatskoj tako i u svijetu koristi dostupne tehnologije, uključujući GNSS, automatsko vođenje poljoprivrednih strojeva, geoinformacijski informativni sustav, odnosno sve više njih se počinje baviti preciznom poljoprivredom. Samim korištenjem tehnologije koju obuhvaća precizna poljoprivreda svim poljoprivrednicima je omogućeno biti konkurentniji na tržištu.

Cilj ovog rada bio je utvrditi površinu preklopa pri određenim agrotehničkim zahvatima te utvrditi razliku u navedenoj pri korištenju GNSS-a i bez korištenja GNSS-a. Na dalje opisane su i analizirane temeljne funkcije moderne tehnologije prisutne u poljoprivredi, a koje se koriste na poljoprivrednom gospodarstvu Mitrović. Analizom prikupljene literature, anketiranjem vlasnika OPG-a te eksploatacijskom analizom utvrđene su prednosti i ušteda resursa u radu traktorsko-strojnog agregata koji je opremljen GNSS uređajem.

## 2. PREGLED LITERATURE

Brkić i sur. (2005.) navode kako je učinak ili proizvodnost najprikladniji pokazatelj pomoću kojeg se može analizirati ne samo razina iskorištenja, već i uzroci takvog iskorištenja, što omogućuje zahvate u poboljšanju stupnja iskorištenja ugrađenog potencijala ili kapaciteta agregata ili stroja. Učinak ili proizvodnost je količina izvršenog rada u jedinici vremena. Količina izvršenog rada s obzirom na vrstu radne operacije može se izraziti u jedinici obrađene površine u hektarima, obrađenog materijala u m<sup>3</sup> ili kod berbe plodina, transportiranog ili osušenog materijala u kilogramima ili tonama.

Prema URL1 precizna poljoprivreda ima za cilj „približiti se“ svakoj biljci i stvoriti joj optimalne uvjete za razvoj i rast. Istovremeno se postiže i učinak smanjenja negativnih utjecaja na okoliš od prekomjerne primjene kemijskih sredstava za poticanje rasta ili suzbijanje štetnih organizama. Konačni efekt je ekonomičnija proizvodnja i značajne uštede repromaterijala, rada ljudi i strojeva te ušteda u potrošnji energije. Precizna poljoprivreda temelji se na primjeni informatičkih tehnologija, satelitske navigacije, sofisticiranog monitoringa rada i mogućnosti prilagođavanja poljoprivrednih strojeva i kvalitetne analize uzoraka. Općenito se može reći da je precizna poljoprivreda ili precizno gospodarenje koncept poljoprivredne proizvodnje koji se temelji na promatranju i selektivnoj obradi ili tretiranju malih površina unutar nekog polja.

Autori Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako je pojam „precizna poljoprivreda“ novijeg datuma i ima višestruki značaj. Pod tim pojmom razumijeva se pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova, visoka produktivnost, smanjen broj operacija te najniža cijena rada. Precizna poljoprivreda obuhvaća prostorno upravljanje sredstvima i repromaterijalima poljoprivredne proizvodnje u cilju povećanja profita, prinosa i kvalitete proizvoda, samim tim služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, primjerice u uštedi radnih sredstava, uštedi strojeva i radnog vremena.

Prema URL2 globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) je standardni termin satelitskih sustava koji pružaju autonomno pozicioniranje s globalnom pokrivenošću. GNSS omogućuje malim elektroničkim prijamnicima da pronađu GNSS lokacije gdje god se nalazili, a da imaju GNSS vezu.

Jurišić i Plaščak (2009.) ističu da je GNSS mreža satelita koja kontinuirano odašilje kodirane informacije, pomoću kojih je omogućeno precizno određivanje položaja na



Zemlji. GNSS omogućuje da se zabilježe položaji točaka na Zemlji i pomogne navigacija do tih točaka i od njih.

Prema URL 5 proizvođač poljoprivrednih strojeva i navigacijskih uređaja John Deere napominje kako su prednosti automatizacije navođenja strojeva očituju kao niži troškovi goriva, smanjena količina gnojiva, sjemena i kemikalija, veća produktivnost i profitabilnost te značajno manje stresa za rukovatelja. Smanjuju se praznine i preklapanja, tako da su ulazni troškovi i potrošnja goriva smanjeni, dok je brzina rada povećana. Ovisno o primjeni, ušteda na ulaznim troškovima iznosi do 8%, a povećanje produktivnosti do 14%. Budući da je preciznost osigurana, zadaci se mogu završavati brže, čak i u uvjetima slabe vidljivosti, te uvijek s istom razinom točnosti. Rukovatelj koji je rasterećen od stresa i umora zbog upravljanja može se koncentrirati na upravljanje priključcima i izvedbom.

Thompson i sur., (2019.) su u svom istraživanju pokušali procijeniti perspektive poljoprivrednih proizvođača za ključnu tehnologiju precizne poljoprivrede (gnojidba s promjenjivim normativom, precizno uzorkovanje tla, automatsko vođenje i upravljanje te praćenje prinosa) u smislu koristi koje pružaju svojim farmama (povećani prinos, smanjeni troškovi proizvodnje i povećana učinkovitost). Da bi se lakše razumjelo poljoprivrednike i njihove navike usvajanja nove tehnologije, potrebno je prvo razumjeti njihova razmišljanja o blagodatima koje pruža precizna poljoprivreda. Istraživanje je bilo usmjereno na proizvođače kukuruza, soje, pšenice i pamuka. Ovo istraživanje pruža novi pogled na perspektivu poljoprivrednih proizvođača o tehnologijama precizne poljoprivrede osobito o prednostima koje one pružaju. Na pitanje koje bi svojstvo precizne poljoprivrede bilo najvažnije većina se izjasnila kako bi to bilo poboljšanje prinosa ili smanjenja troškova, te dvije kategorije ovo istraživanje nije moglo statistički razlikovati. Druga skupina poljoprivrednika, njih više od 30%, izjasnila se kako je praktičnost u radu najvažnije svojstvo. Poljoprivredni proizvođači su najčešće povezivali gnojidbu s promjenjivim normativom s povećanom rentabilnosti odnosno povećanjem prinosa i smanjenjem troškova proizvodnje. S druge strane, automatsko navođenje i upravljanje te praćenje prinosa su tehnologije koje su povezivali s povećanom praktičnosti u radu. Kada bi proizvođači odabrali poboljšanje prinosa prije praktičnosti, veća vjerojatnost je da isti percipiraju preciznu poljoprivredu kao značajan doprinos trenutnoj financijskoj isplativosti njihove farme. S druge strane, odabir poboljšanja prinosa u odnosu na praktičnost smanjio je vjerojatnost da su poljoprivrednici percipirali tehnologije i usluge precizne poljoprivrede kao olakšanje posla upravitelja farme.

Wang i sur., (2018.) odlučili su u svom istraživanju istražiti preciznu metodu koordinacije u polju za ostvarenje bržeg obavljanja agrotehničkih operacija sa strojevima koji su opremljeni RTK-GNSS sustavom automatskog upravljanja. Obavljanje više pojedinačnih operacija unutar polja s korištenjem više agregata postaje uobičajeni prizor u poljoprivredi, posebno uz sve veću upotrebu sustava automatskog upravljanja na malim i srednjim gospodarstvima. U istraživanju je uspoređeno simulirano vrijeme čekanja i ono u stvarnom svijetu. Jedna skupina rukovatelja strojem je koristila unaprijed unešene linije navođenja koje su mogli preuzeti, dok je druga skupina ručno unosila linije. Eksperiment na terenu pokazao je da sustav sa spremljenim linijama navođenja može održati dobru koordinaciju strojeva u polju koji dijele istu liniju i na taj način obaviti sve operacije u planiranim agrotehničkim rokovima.

Rodias i sur., (2017.) su u svom istraživanju prikazali procjenu smanjenja energetske potrošnje na strojevima opremljenim automatskim vođenjem i upravljanjem. Procjena se odnosi na analizi energetske potrebe i usporedba između neoptimiziranih i optimiziranih planova za obradu polja. Istraživanje se provodilo na kulturama miskantus i divlje proso, koje su uzgajane na poljima 5 različitih oblika površine 10 ha. Procjena se temeljila na uštedi vremena, uključujući osnovno radno vrijeme i ostala vremena, pri korištenju optimiziranih planova rada, što je rezultiralo uštedom energije u usporedbi s neoptimiziranim planovima rada. Analiza potrošnje energije za oba načina rada prikazala je kako je potrošnja energije manja za 3-8% kada se koriste optimizirani planovi rada. Algoritmi korišteni u istraživanju mogli bi se primijeniti na integrirane GNSS sustave u strojevima te umanjiti potrošnju energije u stvarnom vremenu.

Topcueri i Keskin (2019.) su proveli istraživanje s ciljem usporedbe širine preklopa između susjednih prohoda pri prskanju sa i bez automatskog upravljanja pogonskog stroja. Podatci su dobiveni s 13 poljoprivrednih polja, na kojima se uzgajaju pamuk, kukuruz i kikiriki, za procjenu izvedbe sustava automatskog upravljanja u stvarnim uvjetima. Prosječne vrijednosti preklapanja i razmaka između prohoda određene su na kartama generiranim iz koordinata koje je traktor zabilježio tijekom prskanja. Kao rezultat utvrđeno je da se korištenjem automatskog upravljanja smanjuje preklapanje između paralelnih susjednih prolaza pri prskanju u usporedbi s ručnim upravljanjem. Korištenjem automatskog upravljanja u prskanju pružaju se mogućnosti manje potrošnje pesticida i vode, manje zagađenje okoliša, kraće vrijeme prskanja, manja potrošnja goriva, manji troškovi, veći profit i smanjeni umor rukovatelja. Poljoprivrednici bi trebali koristiti sustav

automatskog upravljanja ne samo u obradi tla već i u sjetvi i prskanju. Utvrđeno je da neki poljoprivrednici ne koriste sustav automatskog upravljanja u prskanju što je rezultiralo većim preklapanjem i prazninama u prskanju. Razlog zašto poljoprivrednici ne koriste sustav automatskog upravljanja u prskanju je taj da je sustav skup i da nemaju dovoljno novca za ulaganje u instaliranje automatskog upravljanja na svaki traktor. Poljoprivrednici bi instalirali automatsko upravljanje na sve traktore koje posjeduju kada bi troškovi bili manji.

Prema Benetti i sur. (2019.) implementacija GNSS-a znatno povećava sposobnost poljoprivrednika da primjenjuju precizne pristupe u upravljanju. Mnoga istraživanja pokazuju kako takva tehnologija može donijeti velike koristi u intenzivnoj poljoprivredi i vinogradarstvu, no u slučaju hortikulturnih usjeva nedostaje takvih istraživanja. Autori su u svom istraživanju prikazali usporedbu pojedinačne i integralne obrada tle izvedene ručno ili uz pomoć automatskog upravljanja u hortikulturnoj proizvodnji. Eksperimentalno istraživanje provedeno je na površini od 8 ha zasađenoj lubenicom (4 ha) i bundevom (4 ha). Konkretno su analizirani strojevi za obradu tla, malčeri i sijačice s obzirom na tri različita pristupa: pojedinačne operacije, polukombinirane operacije i potpuno integralna obrada. Prikupljeni su podatci o izravnim i neizravnim troškovima, vremenu rada i učinkovitosti. Automatsko upravljanje može imati pozitivne rezultate u hortikulturnoj mehanizaciji. Dok je ručno upravljanje strojem podložno smanjenju performansi zbog povećanog umora, smanjene pozornosti i smanjene vidljivosti, sustav automatskog upravljanja osigurava stabilnije performanse, bez obzira na vještinu vozača i njegovo psiho-fizičko stanje, čak i u slučaju velikih farmi. Samim time povećava se učinak, a smanjuju se radno vrijeme i troškovi.

Vašek i Rataj (2013.) navode kako nepotpuno iskorištenje radnog zahvata stroja utječe na smanjenje učinkovitosti rada stroja. Preklapanja i preskakanja imaju negativne učinke na rad pojedinih stroja. Negativni učinci mogu biti sljedeći: zbijanje tla, prekomjerna ili nedovoljna aplikacija gnojiva i kemikalija, povećana potrošnja goriva, povećanje radnog vremena itd. Održavanje iste radne širine priključka uz podršku satelitskog sustava navođenja moglo bi riješiti ove probleme. Dostupnost satelitskog navođenja, koji omogućuje veću točnost i kontrolirano kretanje strojeva, pruža mogućnost smanjenja ekonomskih troškova proizvodnje i povećanja održivosti. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti održavanje radnog zahvata pri ručnom i pri automatskom navođenju traktora i priključaka za obradu tla. U eksperimentima je korišten dvofrekventni RTK GNSS

prijemnik i kontroler Topcon GRS-1, s preciznošću od 2 cm, za mjerenje radnog zahvata. Istraživanje je provedeno na traktoru, koji nema automatsko navođenje, s tanjuračem radnog zahvata 3,7 m i na traktoru s automatskim navođenjem koji je agregatiran s podrivačem radnog zahvata 5 m. Preciznost signala iznosila je  $\pm 0,1$  m. U oba slučaja iskorištenost radnog zahvata mjerena je pomoću navedenog dvofrekventnog prijemnika. Istraživanje je dokazalo kako učinkovita upotreba GNSS sustava pomaže smanjiti preklapanja i preskakanja pri obradi polja.

Prema Scarfone i sur., (2021.) korištenje digitalnih sustava u preciznoj poljoprivredi postaje sve atraktivnije za poljoprivrednike. Prije nekoliko godina, uporaba ovih tehnologija bila je ograničena na velika gospodarstva. Iako je ova tehnologija sada postala pristupačnija, nedostaje znanstvenih istraživanja koji bi pokazali kako ovi sustavi mogu biti značajna prednost za poljoprivrednike. U svom istraživanju su usporedili poluautomatsko navođenje s ručnim navođenjem u sjetvi pšenice, uzimajući u obzir parametre kao što su performanse stroja, opskrba sjemenom i operativni troškovi obje konfiguracije. Za potrebe istraživanja korišten je traktor opremljen poluautomatskim navođenjem agregatiran sa sijačicom od 4 m, preciznost signala iznosila je  $\pm 2,5$  cm. Pokus je proveden tako da je s oba načina upravljanja posijano 10 prohoda što je rezultiralo s 0,8 ha i to je sve ponovljeno tri puta što rezultira s ukupno 60 posijanih prohoda. Parametri koji su uzeti u obzir bili su raspodjela sjemena po jedinici površine i performanse traktora. Provedena je i ekonomska analiza kako bi se izmjerile eventualne razlike profitabilnosti sustava. Satelitsko navođenje je omogućilo rad s većom preciznošću, potpuno uklanjajući ljudske pogreške i smanjujući trošak sjetve. Rezultati ovog istraživanja daju jasne pokazatelje kako se korištenjem digitalne tehnologije za navođenje traktora postiže veća razina održivosti.

Esau i sur., (2021.) su u svom istraživanju analizirali John Deere uređaje za navigaciju te usporedili preciznost s ručnim upravljanjem pri berbi šumskih borovnica. Analizirana su dva različita GNSS signala (SF1 i SF3) pri tri različite brzine kretanja. Korištenje ove tehnologije u berbi šumskih borovnica nikad nije ocijenjeno jer se rad obavlja pri niskim brzinama. Istraživanje je provedeno na četiri polja u središnjoj Novoj Škotskoj, u Kanadi, tijekom berbe od sredine do kraja kolovoza. Ovo istraživanje predstavlja prvu uspješnu implementaciju automatskog navođenja u berbi šumske borovnice. Utvrđeno je da sustav automatskog navođenja pruža sličnu, pa čak i bolju preciznost između susjednih prolaza nego ručno upravljanje u berbi šumske borovnice.

### 3. MATERIJAL I METODE

Istraživanje provedeno na OPG-u Mitrović u Berku temeljilo se na eksploatacijskoj analizi rada strojeva opremljenih navigacijskim uređajem u sezoni 2020./2021. Anketiranjem vlasnika prikupljeni su podatci koji su po potrebi dopunjeni literaturnim navodima. Sama analiza rada i anketiranje vlasnika provedena je na proizvodnim površinama, odnosno u krugu dvorišta gospodarstva.

#### 3.1 Metoda izračuna površina preklopa

Za pomoć pri utvrđivanju vrijednosti uštede koja bi se mogla postići korištenjem GNSS-a u poljoprivredi, odnosno za prikazivanje razlike između ukupne površine preklopa nastale pri ručnom upravljanju strojem i površine preklopa nastale automatskim upravljanjem pogonskog stroja potrebno je izračunati površine preklopa za oba navedena slučaja. Za potrebe takvog izračuna na OPG-u nužno je bilo prikupiti informacije o sljedećim vrijednostima:

- ukupna površina obradivih poljoprivrednih površina,
- ukupan broj parcela,
- konstrukcijski radni zahvati strojeva na OPG-u i
- iskorištenje konstrukcijskog radnog zahvata.

##### 3.1.1 Površina prosječne parcele

Vrijednost površine prosječne parcele izračunata je prema formuli (1) tako što je ukupna površina podijeljena s ukupnim brojem parcela:

$$Površina\ prosječne\ parcele = \frac{ukupna\ površina\ [ha]}{ukupan\ broj\ parcela} \quad (1)$$

Kako bi se pojednostavio izračun za širinu polja, zamišljeno je da će prosječna parcela biti kvadratnog oblika. Ovom načinu pristupilo se zbog većeg broja parcela na gospodarstvu od kojih su mnoge nepravilnog oblika te je nemoguće točno izmjeriti dimenzije, odnosno površinu, svake parcele. S obzirom na to da kvadrat ima sve stranice jednake duljine, širinu i dužinu polja moguće je izračunati prema formuli (2) odnosno korjenovanjem površine:

$$Duljina\ stranica\ polja = \sqrt{površina\ prosječne\ parcele[m^2]} \quad (2)$$

### 3.1.2 Iskorištenje radnog zahvata pri ručnom upravljanju

Prema Brkić i sur. (2005.) radni zahvat se može promatrati kao konstrukcijski (B) i eksploatacijski ( $B_r$ ). Eksploatacijski radni zahvat može biti jednak konstrukcijskom ili manji za veličinu prekrivanja prohoda. Rijetko kad je veći kao kod oranja ili radi neke pogreške pri vođenju agregata. Iskorištenje konstrukcijskog radnog zahvata izražava se koeficijentom ( $\beta$ ) iskorištenja radnog zahvata prema izrazu:

$$\beta = \frac{B_r[m]}{B[m]} \rightarrow B_r = B \times \beta \quad (3)$$

Isti autori navode kako vrijednost iskorištenja radnog zahvata ovisi o vrsti agregata, radnoj operaciji i načinu vođenja i razlikuje se:

- kod strojeva koji rade na redove uz dobro vođenje bilo markerom (sijačice, sadilice) bilo ulaskom u redove (međuredni kultivatori, kombajni za berbu kukuruza, suncokreta itd.) vrijednost je 1,
- kod agregata za oranje vrijednost koeficijenta je oko 1 ili nešto veća i
- kod ostalih strojeva koji ne rade na redove i nemaju marker vrijednost koeficijenta je od 0,90 do 0,96.

Za potrebe ovog istraživanja trebala su se utvrditi iskorištenja radnog zahvata promatranih strojeva na OPG-u, odnosno kolika je širina preklopa za svaki stroj koji ne radi na redove i ne koristi marker. Stvarno iskorištenje, odnosno eksploatacijski radni zahvat, moguće je utvrditi za svaki stroj mjerenjem u polju. Zbog kompleksnosti takvog mjerenja i opsežnosti ovog rada pristupilo se matematičkom izračunu eksploatacijskog radnog zahvata. Za taj izračun korištena je aritmetička sredina gore navedenih vrijednosti za iskorištenje radnog zahvata. Srednja vrijednost iskorištenja iznosi 0,93 odnosno iskorištenje konstrukcijskog radnog zahvata iznosi 93%.

### 3.1.3 Iskorištenje radnog zahvata pri korištenju automatskog upravljanja

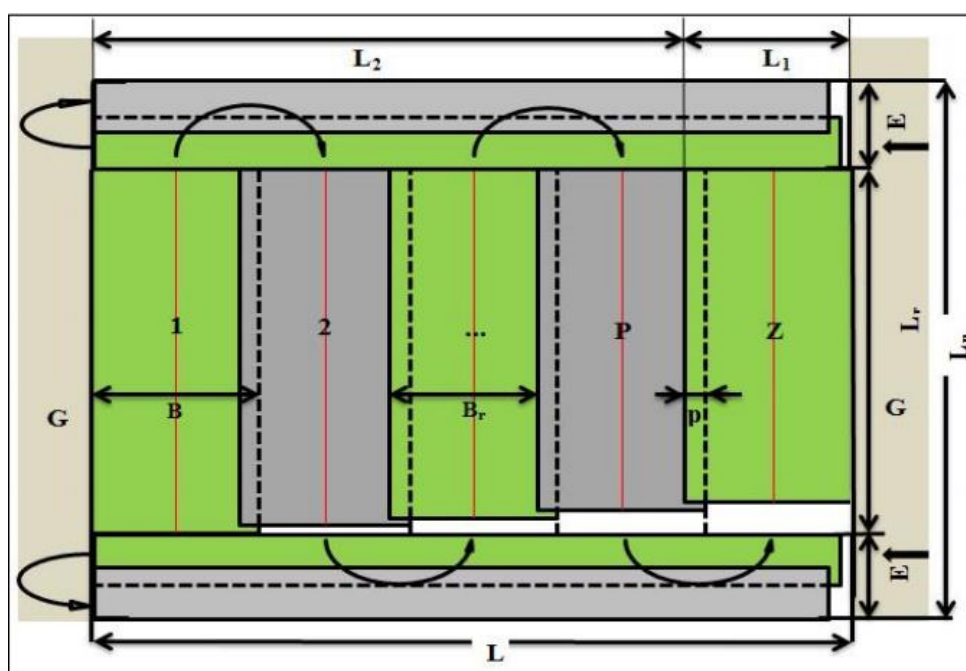
Prema URL5 John Deere navigacijski uređaji mogu pružiti preciznost do  $\pm 2,5$  cm, ako se koriste s RTK signalom. Nadalje, dostupna je preciznost signala SF3 od  $\pm 3$  cm koji se plaća i besplatni signal SF1 s preciznošću od  $\pm 15$  cm.

Iako na OPG-u Mitrović ne plaćaju korekcijski signal, odnosno koriste besplatni SF1 signal s preciznošću od  $\pm 15$  cm, vlasnikovim promatranjem te povremenim mjerenjem

preklapanja, unazad dvije godine rada, utvrđena je puno bolja preciznost. Anketiranjem vlasnika koji je ujedno i rukovatelj stroja utvrđeno je kako širina preklopa u velikoj većini slučajeva iznosi 5 cm te će ta vrijednost biti uzeta kao prosječna vrijednost u ovom istraživanju. S obzirom na to da se ne plaća, a preciznost je gotovo savršena, ovaj korekcijski signal, prema navodu vlasnika, pokazao se kao idealan odabir za ovo gospodarstvo.

### 3.2 Postupak izračuna površina preklopa

Metode za izračun površina preklopa korištene i prikazane u ovom poglavlju izveo je autor Crneković (2015.) u svom diplomskom radu. Postupak za izračunavanje ukupne površine preklopa jednak je i za ručno upravljanje strojem i za automatsko upravljanje. Oznake korištene u izračunu prikazane su na slici 1.



1,2 – prvi i drugi prohod,	$L_1$ – širina preostalog dijela polja za obradu, m
P – pretposljednji prohod,	$p$ – prosječna vrijednost preklopa pri ručnom vođenju, m
Z – zadnji prohod,	$E$ – širina uvratine, m
B – konstrukcijski zahvat stroja, m	$L_n$ ( $L_n = L_r + 2E$ ) – ukupna dužina prosječne parcele, m
$B_r$ – eksploatacijski zahvat stroja, m	$L_r$ – dužina parcele bez uvratine, m
G – granice polja,	
L – širina prosječne parcele, m	
$L_2$ – širina $N$ broja prohoda, m	

Slika 1. Prikaz prosječne parcele s mjernim oznakama (Izvor: Crneković (2015.))

Za postupak izračuna ukupne površine preklopa potrebno je izračunati:

- potreban broj prohoda za obradu prosječne parcele i
- iznos pojedinih površina i ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli.

### 3.2.1 Izračun potrebnog broja prohoda za obradu prosječne parcele

Prema Crneković (2015.) potreban broj prohoda ( $N$ ) za obradu prosječne parcele iznosi:

$$N = \frac{\text{širina polja [m]}}{\text{eksploatacijski zahvat stroja [m]}} = \frac{L}{B_r} \quad (4)$$

S obzirom na to da rukovatelj pri obavljanju zadnjeg prohoda koristi konstrukcijski zahvat stroja ( $B$ ) može se pojaviti preklop ( $p'$ ) između predzadnjeg i zadnjeg prohoda koji ima drukčiju širinu u odnosu na ostale preklope ( $p$ ). Stoga je potrebno od ukupnog broja potrebnih prohoda ( $N$ ) oduzeti jedan prohod jer taj zadnji prohod može imati drukčiju širinu preklopa, izračunava se vrijednost  $N'$ :

$$N' = N - 1 \quad (5)$$

Širina s obavljenim  $N'$  brojem prohoda ( $L_2$ ) ima sve jednake prosječne vrijednosti preklopa između prohoda i izračunava se sljedećom formulom:

$$L_2 = N' \times B_r \quad (6)$$

Oduzimanjem širine  $L_2$  od ukupne širine polja ( $L$ ) dobiva se vrijednost širine ( $L_1$ ) koju je potrebno obraditi u zadnjem prohod:

$$L_1 = L - L_2 \quad (7)$$

Zbog odnosa vrijednosti  $L_1$  i konstrukcijskog radnog zahvata ( $B$ ) mogu se pojaviti tri različita slučaja:

- $L_1 > B$  - kada je vrijednost  $L_1$  veća od konstrukcijskog radnog zahvata ( $B$ ). Pri obrađivanju zadnjeg prohoda pojaviti će se manja širina preklopa između predzadnjeg i zadnjeg prohoda u odnosu na prosječnu širinu prohoda. Manja širina preklopa se pojavljuje jer se rukovatelj stroja poravnava s granicom polja te se odmiče za određenu vrijednost ( $x$ ) koja se može izračunati:

$$x = L_1 - B \quad (8)$$



Budući da se rukovatelj stroja odmaknuo za vrijednost  $x$  od predzadnjeg prohoda, širina preklopa između predzadnjeg i zadnjeg prohoda smanjuje se za tu vrijednost, odnosno preklop  $p'$  iznosi:

$$p' = p - x \quad (9)$$

- $L_1 = B$  – u ovom slučaju prosječna širina preklopa jednaka je između svih prohoda.

$$p' = p$$

$$x = 0$$

- $L_1 < B$  – kada je vrijednost  $L_1$  manja od konstrukcijskog zahvata ( $B$ ). Pri obrađivanju zadnjeg prohoda javiti će se veća širina preklopa između predzadnjeg i zadnjeg prohoda u odnosu na prosječnu širinu prohoda. Veća širina preklopa se pojavljuje jer se rukovatelj stroja poravnava s granicom polja te samim time dodatno preklapa predzadnji prohod za vrijednost ( $x'$ ) koja se može izračunati:

$$x' = B - L_1 \quad (10)$$

Budući da rukovatelj stroja u ovom slučaju dodatno preklapa predzadnji prohod za vrijednost  $x'$ , širina preklopa između predzadnjeg i zadnjeg prohoda povećava se za tu vrijednost odnosno preklop  $p'$  sada iznosi:

$$p' = p + x' \quad (11)$$

Crneković (2015.) navodi kako kod strojeva koji apliciraju tvari na tlo ili biljke postoji mogućnost korištenja određenog dijela radnog zahvata ( $B'$ ) pri aplikaciji tvari u zadnjem prohodu. Rukovatelj može procijeniti ili izmjeriti kolika je širina dijela na kojeg je potrebno aplicirati tvari te će sukladno tome koristiti određeni radni zahvat. Kod centrifugalnog rasipača mineralnog gnojiva moguće je koristiti pola konstrukcijskog radnog zahvata dok je kod prskalice moguće isključiti dio sekcija koje nisu potrebne u zadnjem prohodu. Unatoč tomu i kod prskalice će se javiti preklop ( $p''$ ) budući da rukovatelj mora osigurati minimalnu vrijednost radnog zahvata ( $B'$ ) koja osigurava tretiranje širine preostalog dijela polja za obradu ( $L_{pd}$ ) koja iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p \quad (12)$$

Preklop koji se pri tome javlja iznosi:

$$p'' = B' - L_{pd} \quad (13)$$

### 3.2.2 Izračun pojedinih površina i ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli

Prema Crneković (2015.) ukupna površina preklopa na prosječnoj parceli ( $S_{pp}$ ) pri obavljanju poljoprivrednih operacija određenim priključnim strojem sastoji se iz sljedećih površina preklopa:

- površina preklopa nastala obradom  $N'$  brojem prohoda ( $S_{N'-1}$ ) - ako je za prosječnu parcelu potreban broj prohoda  $N=49$  onda se prema formuli (5) javlja 48 prohoda s prosječnom širinom preklopa ( $p$ ) između tih prohoda. No tih 48 prohoda rezultira s 47 preklopa jer se prvi prohod ne preklapa. Prema tome površina će iznositi:

$$S_{N'-1} = (N' - 1) \times p \times L_r \quad (14)$$

- površina preklopa nastala uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $S_{p'}$ ) - širina preklopa ( $p'$ ) nastalog pri uklapanju zadnjeg prohoda može biti veća, manja ili jednaka u odnosu na prosječnu širinu preklopa ( $p$ ). Površina ( $S_{p'}$ ) sa širinom preklopa  $p'$  iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r \quad (15)$$

- površina preklopa nastala pri obradi uvratina ( $S_u$ ) - promatranjem strojeva u radu utvrđeno je da je za zaokretanje agregata potrebna širina uvratine koja iznosi dva prohoda, jedan konstrukcijski i jedan eksploatacijski, pri čemu se javlja širina preklopa ( $p$ ) sa svake strane polja. Sukladno tome površina će iznositi:

$$S_u = 2 \times p \times L \quad (16)$$

Prema svemu navedenom može se izračunati ukupna površina preklopa na prosječnoj parceli ( $S_{pp}$ ) prema izrazu:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u \quad (17)$$

Pri izračunavanju ukupne površine preklopa ( $S_{pp}$ ) kod rada prskalice i rasipača mineralnog gnojiva nije se zbrajala površina preklopa pri obradi uvratina jer se u izračunu za površine  $S_{N'-1}$  i  $S_{p'}$  koristila ukupna vrijednost dužine polja, odnosno  $L_r=L_u$ . Prema tome ukupna površina preklopa pri radu prskalice i rasipača mineralnog gnojiva sastoji se od:

- površine preklopa nastale obradom  $N'$  brojem prohoda ( $S_{N'-1}$ ) koja iznosi:

$$S_{N'-1} = (N' - 1) \times p \times L_u \quad (18)$$

- površine preklopa nastale obradom zadnjeg prohoda ( $S_{p''}$ ) pri čemu se javlja preklap  $p''$  i površina iznosi:

$$S_{p''} = p'' \times L_u \quad (19)$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) pri radu prskalice i rasipača mineralnog gnojiva izračunata je sljedećom formulom:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p''} \quad (20)$$

## 4. REZULTATI

### 4.1 Precizna poljoprivreda

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako se uvođenjem GIS i GNSS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji počela razvijati precizna poljoprivreda. Osnovna premisa precizne poljoprivrede je da što veći broj informacija, isto tako i preciznih, bude na raspolaganju poljoprivredniku prilikom donošenja odluka. Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, prije svega pri:

- uštedi radnih sredstava;
- uštedi strojeva i radnog vremena;
- poboljšanju ostvarenja dobiti kroz veće prinose te poboljšanje kvalitete proizvoda;
- smanjenju opterećenja okoliša i poticanju prirodno prostornih uvjeta i
- poboljšanju dokumentacije procesa produkcije.

Prema URL4 precizna poljoprivreda može se primijeniti na gotovo svim sustavima obrade tla, od konvencionalnog sustava obrade tla, do minimalne obrade. Ipak najbliže su povezane racionalna obrada tla i precizna poljoprivreda, jer se za kvalitetnu racionalnu obradu također koriste suvremeni senzori i pomagala kao i za preciznu poljoprivredu. Racionalna obrada tla je naziv za obradu tla koja uzima najbolje od konvencionalne obrade i primjenom novih tehnologija optimizira troškove obrade uz postizanje optimalnih uvjeta pripreme tla.

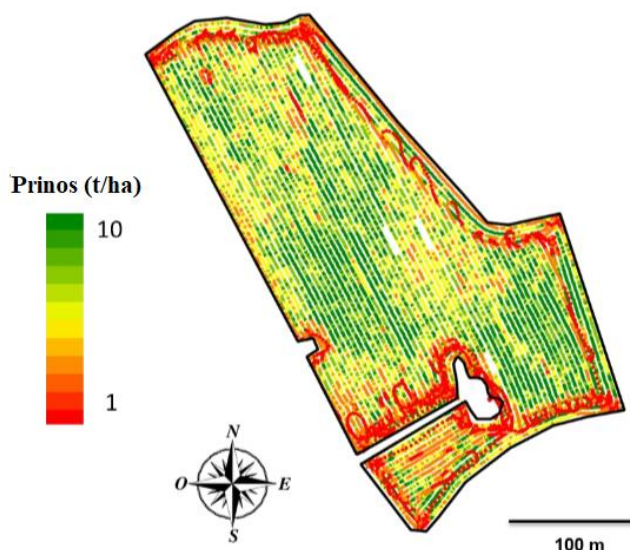
#### 4.1.1 Prikupljanje podataka

Prema URL4 za provedbu postupaka precizne poljoprivrede (precizna gnojidba, prihrana, zaštita, itd.) potrebno je prikupiti točne podatke, kvalitetno ih obraditi i na kraju provesti postupke aplikacije potrebnih radnji u polju. Prikupljanje podataka podrazumijeva kartiranje prinosa, uzimanje uzoraka tla i njihovu analizu, mjerenje heterogenosti tla po mehaničkom sastavu tla, kiselosti, elektrokoduktivnosti itd., utvrđivanje prisustva korova, mjerenje broja štetnika, utvrđivanje zdravstvenog stanja usjeva i utvrđivanje stupnja

ishranjenosti. Neke od navedenih metoda prikupljanja podataka se provode istovremeno s aplikacijom određenog postupka njege usjeva, a neke metode se provode unaprijed i provedbom plana gospodarenja služe kao podloge za kasnije aplikacije postupaka uzgoja biljaka.

### Karte prinosa

Izračunavanje prinosa po pojedinim parcelama veoma je značajno. Na tomu se zasniva izrada karte prinosa (slika 2.), koja površinski prikazuje kako su utjecali različiti postupci kod uzgoja bilja ili različiti uvjeti uzgoja na prinos. Površinski prikazi prinosa temelje se na mjerenju prinosa. Mjere prinosa dodjeljuju se geokoordinatama mjerenih točaka u polju. Iz mnoštva pojedinih mjerenja mogu se interpolirati vrijednosti za izradu površinskog rastera izraženih obilježja. Za zapis točaka strojevi za berbu moraju biti opremljeni DGNS/GNSS prijamnicima i senzorima prinosa. Računalo u kabini i software za unos prinosa ubrajaju se u sustav za unos prinosa (Jurišić i Plaščak, 2009.).



Slika 2. Karta prinosa (Izvor: <https://www.aspexit.com>)

URL4 navodi kako karte prinosa imaju za cilj pokazati uzgajivaču heterogenost prinosa po proizvodnim tablama kako bi se kasnije lakše mogli utvrditi razlozi smanjenja prinosa i kako bi se plan uzimanja pedoloških uzoraka mogao točnije definirati. Kartiranje prinosa također pokazuje koliki je maksimalni mogući očekivani prinos na nekoj parceli i prema tome koju ciljanu količinu hranjiva treba planirati prilikom gnojidbe. Farmeri neprestano istražuju mogućnosti povećanja prinosa i kvalitete na mikrolokacijama, pa često sve proizvodne površine koriste kao pokušalište. Kartiranje prinosa će im u tom slučaju jako olakšati praćenje pokusa s uzgojem različitih sorata ili hibrida. Kartiranje se provodi

istovremeno s procesom žetve tako da se cijelo vrijeme trajanja žetve pomoću jednostavnog GNSS uređaja određuje položaj kombajna i u realnom vremenu se mjeri maseni ili volumenski protok proizvoda koji se ubire. Preciznost senzora koji mjere protok mase važnija je od preciznosti definiranja položaja stroja. Najčešće kombajni već imaju ugrađene software koji preračunavaju prinos u  $\text{kg/m}^2$  ili  $\text{kg/ha}$  i spremaju prikupljene podatke u digitalnom obliku kako bi se kasnije lako mogli upotrijebiti za poslove dokumentiranja, planiranja i odlučivanja.

### **Skeniranje i uzorkovanje tla**

Prema URL4 uzimanje uzoraka tla i njihova analiza još je uvijek najpouzdanija metoda prikupljanja podataka o plodnosti tla i određivanja intenziteta gnojidbe osnovnim hranjivima kao što su fosfor, kalij, kalcij i magnezij. Nažalost ova metoda nije jeftina, posebno kad se uzme u obzir činjenica da je za kvalitetne preporuke gnojidbe potrebno uzimati skupne uzorke s površine ne veće od 1-3 ha. Već postupak uzimanja uzoraka traži veliki angažman stručnih ljudi, a uzimanje uzoraka s dubine od 0-30, 30-60 cm na nekoliko mjesta unutar jednog ha, predstavlja značajan trošak u kalkulaciji, a nakon toga sve te uzorke treba kemijski analizirati. Za skeniranje heterogenosti tla prema vlažnosti, mehaničkom sastavu elektroprovodljivosti itd. postoje skeneri (slika 3.) koji se mogu postaviti na terenska vozila ili traktore i vožnjom po parceli se elektronski beskontaktno prikupe potrebni podaci. Ovu opremu si mogu priuštiti samo veliki proizvođači i velike farme, dok za manje proizvođače treba organizirati timove na razini državnih institucija koji će za šire regije vršiti uslugu skeniranja i uzorkovanja tla.



Slika 3. Skener tla (Izvor: <https://fwi.co.uk>)

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako je za izradu karte raspodjele hraniva značajno određivanje količine uzorka tla koji se uzima i analizira. S rezultatima od četiri repeticije uzorka po ha može se postići veća točnost kod prikaza raspodjele, nego sa samo jednim uzorkom tla po ha.

### **Skeniranje već uspostavljenih usjeva**

URL4 navodi kako se ova skeniranja obavljaju u svrhu prihrane dušikom i mikroelementima ili za prskanje korova samo na mjestima gdje je korov prisutan. To se radi tako da se na prednji dio traktora ili na krov kabine traktora postave nosači skenera koji imaju senzore i snimaju usjev. Informacija se odmah obrađuje i šalje se uputa, preciznom (uglavnom pneumatskom) rasipaču mineralnih gnojiva ili prskalici, o dozi koja se treba primijeniti u točno određenom trenutku. Danas je najčešća primjena ove metode u prihrani žitarica i visokorazvijene zemlje je jako koriste. Primjer Švedske gdje farmeri koji rade uslužnu prihranu pšenice ili ječma obavezno moraju imati instalirane uređaje tzv. N-senzore koji očitavaju stanje usjeva i doziraju gnojivo prema potrebi. Skeniranje prisutnosti korova na polju ili u usjevu je najnovija metoda koja se koristi za prskanje samo onih dijelova parcele na kojima se nalaze korovi. Uređaji koji prepoznaju korove daju signal pojedinačnoj mlaznici na prskalici da prska s preciznom količinom aktivne tvari, tako se prskaju samo korovi, a ne cijela površina i sustav je vrlo učinkovit kod korova koji se pojavljuju naknadno.

### **Obrada podataka i planiranje**

Prema URL4 prikupljeni podaci o stanju parcele i usjeva, ako se ne radi o on-line skeniranju, trebaju se obraditi i temeljem dobivenih karata obavlja se planiranje daljnjih postupaka. Ovo je potrebno zato što se prikupljeni podaci dobiju u obliku točkastog prikaza, ili su jako raspršeni, pa je potrebno napraviti određene interpolacije i prilagođavanje formi koju strojevi mogu prihvatiti.

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako se podatci trebaju učitati u računalo, potrebno je pregledati pogreške, ispraviti iste, te za daljnju obradu prenijeti podatke u drugi format. Kod nekih sustava su jednostavne mogućnosti analize i izrade karata sadržane veću jednom softveru za sustav prinosa. Za daljnje analize i izradu aplikacijskih karata ipak je potrebna upotreba GIS-a.

#### 4.1.2 Precizna poljoprivreda u oranju

URL4 navodi kako je oranje najstarija radna operacija obrade tla i vrlo malo se mijenjala kroz povijest. Ipak i uz tu činjenicu danas je nezamjenjiva radna operacija koja se standardno koristi kod većine poljoprivrednih proizvođača širom svijeta, a posebno je važna u regijama koje imaju teška glinom bogata tla i zime s niskim temperaturama. Moderni plugovi u sustavu precizne poljoprivrede koriste senzore za precizno definiranje dubine rada, jer se već s vrlo malim promjenama radne dubine značajno povećavaju troškovi i cijena koštanja gotovih proizvoda. Osim precizne kontrole dubine oranja današnja GNSS tehnologija i preciznost omogućuju „on-land“ rad (slika 4.) tj. oranje s traktorom čiji kotači gaze po nepooranom dijelu tla. Ovakav način rada ima niz prednosti:

- traktor ima jednaku težinu na lijevim i desnim kotačima,
- raspored sila je jednolik, pa je ukupna vučna sila veća,
- nema gaženja već preoranog tla i struktura je ista po cijeloj parceli,
- traktori mogu imati široke gume,
- traktor nije nagnut pa je vozaču udobnije,
- pogodni su za rad s traktorima s kotačima kao i s traktorima s gusjenicama,
- mogu se koristiti traktori s udvojenim kotačima pa nije potrebno vrijeme za skidanje i ponovnu montažu kotača,
- nije potrebno podešavati razmak kotača traktora i
- okretanje pluga premetnjaka je jednostavnije i plug se lakše podešava.



Slika 4. On-land oranje (Izvor: <https://i.ytimg.com/vi/6-dLT9Km0hU/hqdefault.jpg>)

URL1 navodi kako „on-land“ način oranja traži automatsko upravljanje traktora s visokom razinom točnosti pozicioniranja i potrebno je koristiti baznu stanicu za korekciju satelitskog signala, kako bi se dobila velika relativna točnost. GNSS sustav kod vario plugova obavlja korekciju radnog zahvata pluga i tako se postiže idealna ravna brazda, što je pretpostavka da osjetljive biljne vrste imaju uvijek iste uvjete nicanja i ravnomjeran rast i razvoj, čiji se efekti na kraju vide u postignutim prinosima. Ovo je posebno važno u proizvodnji povrća. Automatsko upravljanje traktora pri oranju omogućuje idealno ravne brazde i perfektni izgled polja bez obzira da li se radi o malim ili velikim poljima.

#### 4.1.3 Predsjetvena priprema tla pomoću precizne poljoprivrede

Prema URL4 upravljanje s radnim procesima obrade tla u poljoprivrednoj proizvodnji na prvi se pogled čini jednostavnim i većina ljudi misli da tu nije potrebna primjena sofisticiranih metoda rada. Međutim, ako se detaljno uđe u problematiku obrade tla i predsjetvene pripreme tada se uočavaju pogreške koje rezultiraju neobrađenim trakama između dva prohoda stroja ili u preklapanju prohoda. Veliki strojevi radnog zahvata 6 m i više teško se upravljaju bez pogrešaka. Tanjurače, gruberi, sjetvospremači i slični strojevi za pripremu tla u pravilu su širokog radnog zahvata i prilikom spajanja prohoda najčešći je slučaj da se dva prohoda preklapaju. Ovo preklapanje u pravilu iznosi 50-80 cm po danu, odnosno 60- 100 cm noću. Zbog preklapanja se nepotrebno smanjuje učinak za 10- 15%, a u istom odnosu se povećava trošak predsjetvene pripreme tla. Drugi problem kod strojeva za predsjetvenu pripremu tla je slaba vidljivost između tretiranog i netretiranog tla u drugom prolazu, pa se vozač mora značajno naprezati i umarati kako bi bio siguran da kvalitetno spaja prohode. Ovaj problem je posebno izražen u noćnom radu. Primjenom preciznih GNSS-a izravno se postiže ušteda od 10-15 % ukupnih troškova za predsjetvenu pripremu tla. Dodatni efekti su još veći ako se radi noću, jer GNSS i automatsko upravljanje traktora značajno olakšavaju rad vozačima traktora, oni su zadovoljniji, bolje raspoloženi i efikasnije koriste ukupno raspoloživo radno vrijeme.

#### 4.1.4 Precizna poljoprivreda u sjetvi

URL4 navodi kako o kvaliteti sjetve značajno ovisi očekivani prinos i profitabilnost cijelog posla. Greške koje se učine tijekom sjetve najčešće kasnije nije moguće kompenzirati nekim drugim zahvatima. Razlozi leže u relativno kratkim i važnim agrotehničkim rokovima za većinu kultura koje se proizvode u Republici Hrvatskoj. Kod sjetve je važno da svaka biljka ima osiguran dovoljan životni prostor, a da istovremeno ne ugrožava drugu



biljku. Iz tog razloga je važno posijati točno određenu količinu sjemena na odgovarajuća mjesta. Tehnologijom precizne poljoprivrede za taj posao je potrebno primijeniti automatsko upravljanje traktora, automatsku kontrolu sekcija, tehnologiju promjenjive količine sjemena i nadzor protoka sjemena. Današnje moderne sijačice za sjetvu okopavina imaju za svaki red nezavisni pogonski elektromotor koji može prema nalogu centralnog procesora u bilo kojem trenutku sijati sjeme na željeni razmak. Takvi strojevi imaju i optičke senzore koji detektiraju svaku posijanu sjemenku i informaciju šalju u bazu podataka pa je moguće kasnije točno vidjeti koliko je sjemenki u kojem redu i na kojem mjestu posijano. Za sjetvu se unaprijed pripreme karte sjetve i sijačica izvršava nalog prema tim podacima. Ako je parcela koja se sije nepravilnog oblika sijačica će posijati sjeme bez preklapanja uvijek na točno definirani razmak. Tako se štedi sjeme i osiguravaju se optimalni uvjeti za dalji rast i razvoj biljaka. Kod sjetve u redove može se postići individualno podešavanje razmaka sjemena neovisno za svaki red, kontrola stvarno izbačenog sjemena (ako neko zrno ne bude izbačeno to se detektira i zabilježi), uspostavljanje stalnih tragova (kod sjetve šećerne repe ili soje stalni tragovi se ostavljaju jer široke gume traktora ne mogu ući u međured od 45-50 cm, pa je bolje ne sijati redove koje će traktor kasnije pogaziti), satelitska kontrola početka i kraja sjetve (sekcijaska kontrola), precizno spajanje prohoda i vođenje uz pomoć GNSS-RTK sustava i vrlo precizna regulacija dubine sjetve.

#### 4.1.5 Precizna poljoprivreda u gnojidbi

##### **Osnovna gnojidba primjenom varijabilne doze gnojidbe**

Prema URL4 ova metoda se već primjenjuje i na nekim većim farmama u Hrvatskoj, a sastoji se od izrade varijabilnog plana gnojidbe i karata gnojidbe (slika 5.) koje unaprijed definiraju količinu pojedinačnih gnojiva na svakom dijelu neke parcele. Računalo u traktoru očitava poziciju rasipača i s karte očitava dozu gnojiva koju u tom trenutku rasipač treba aplicirati te šalje informaciju rasipaču da namjesti uređaj za doziranje u točno definirani položaj. Sama tehnika je vrlo jednostavna, ali postoje određene poteškoće u operativnoj primjeni ove metode. Prvi problem je što nacionalni proizvođač mineralnog gnojiva nerado prodaje pojedinačna gnojiva pa ih je na tržištu teže pronaći u slobodnoj prodaji. Drugi problem je visoka cijena analize uzoraka tla, pa korisnici reduciraju broj uzoraka tako što analize rade na površinama od 3-10 ha što ima za posljedicu veliku vjerojatnost da će se napraviti pogreška kod preporuka gnojidbe i interpolacije podataka, odnosno karta koja se izrađuje za definiranje doze gnojidbe neće biti točna. Nadalje ova

oprema za manje farme je još uvijek nedostupna jer je visina investicije visoka pa treba razmišljati o nekom od vidova udruživanja, a strojni prsteni koji postoje još uvijek ne primjenjuju ovu tehnologiju, iako se vrlo brzo isplaćuje i ima velike jednokratne efekte.



Slika 5. Karta gnojidbe (Izvor: <https://ackerview.com>)

### Online gnojidba

URL1 navodi kako se ovdje radi o sustavu prihrane usjeva prema potrebama biljke i potencijalima tla. Senzori (slika 6.) koji se nalaze na traktoru ili na posebnim nosačima ispred stroja, očitavaju reflektirajući signal od biljke i šalju ga na obradu u računalo. Već prema tome koji se sustav obrade podataka primjenjuje, software obrađuje podatke pri čemu uvažava kriterije maksimalnog potencijala tla i šalje informaciju stroju koju količinu dušičnog gnojiva treba aplicirati. Na taj se način povezuju proizvodni potencijali tla i biljke i postiže se maksimalni mogući prinos uz optimalnu potrošnju dušičnog gnojiva. U prosjeku primjena ovih sustava prihrane ima rezultat u povećanju prinosa od cca 10%, a da se pri tom ne troši više gnojiva. U skandinavskim zemljama privatnici tj. vlasnici strojnih prstenova koji rade uslužne poslove manjim farmerima, ne mogu (nitko ih ne želi angažirati) raditi posao prihrane pšenice i drugih žitarica ako nemaju sustav varijabilne gnojidbe prema potrebama biljaka. Oni koriste najsofisticiranije senzore za snimanje stanja ishranjenosti biljke i tu informaciju uzimaju za izračunavanje trenutne gnojibene doze. Danas postoji više proizvođača senzora i kompjuterskih programa za rad s rasipačima, a isplativost investicije je vrlo brza. GNSS sustavi, i tehnologija varijabilne doze gnojidbe se

može primijeniti na svim tipovima rasipača mineralnih gnojiva, ali i tu se mogu postići dodatna poboljšanja primjenom rasipača s mogućnošću sekcijske kontrole. To su pneumatski rasipači koji imaju princip rada sličan principu rada prskalice. Gnojivo se iz spremnika izuzima preciznim dozatorima i pneumatskim putem se transportira do mlaznice koja u obliku uske lepeze prema gore razbacuje granule mineralnog gnojiva. Širina svake lepeze je oko 1 m i pomoću ventila ili zasuna svaka mlaznica se pojedinačno može zatvoriti i otvoriti što omogućuje vrlo preciznu sekcijsku kontrolu. Manje precizni pneumatski rasipači mogu upravljati sa sekcijama širine 6 – 8 m što je još uvijek velika prednost u odnosu na rasipače s centrifugalnim diskovima.



Slika 6. Traktor sa senzorom dušika (Izvor: <https://amazone.net>)

#### 4.1.6 Precizna poljoprivreda u zaštiti bilja

Prema URL4 kontrola korova u sustavu precizne poljoprivrede počinje snimanjem vrsta korova i njihovog intenziteta. Snimanje prisustva korova se treba vršiti učestalo i ti podaci se unose u računalo gdje se matematičkim metodama pomoću specijalnih programa određuje strategija aplikacije herbicida. Ti podaci se u GIS-u pretvaraju u dokumente koje se prenose u računalo koje upravlja prskalicom. Snimanje polja i korova na njemu se može obaviti ručno s posebnim skenerima, specijalnim kamerama koje snimaju s velike visine ili pomoću kamera visoke rezolucije koje snimaju iz malih bespilotnih letjelica koje se upravljaju uz pomoć GNSS-sustava. Ručno skeniranje je najjeftinija metoda i može se primijeniti na manjim farmama. Radi se tako da se hoda po polju ili se vozi traktorom ili quadrom s ručnim GNSS-om i označavaju se koordinate prostora ili rubovi prostora na

kojem se nalaze korovi i koji treba tretirati. Na velikim poljima treba primijeniti brže metode pomoću skenera koji razlikuju kulturne biljke od korova. Drugi način primjene prskalice u sustavu precizne poljoprivrede je online rad. U tom slučaju se primjenjuju senzori (slika 7.) koji prate stanje korova ispred mlaznice i u trenutku kad senzori detektiraju korov aktivira se ventil koji otvara protok sredstva na mlaznici. Protok se otvara kad je mlaznica nekoliko cm ispred korova i zatvara se kad mlaznica za nekoliko cm prođe iza korova. Tako je kompletan korov poprskan. Ovaj sustav se može koristiti i za prskanje zaštitnim sredstvima kod usjeva gdje ima, u prvim stadijima razvoja biljaka, dosta prostora koji nije pokriven biljkama pa se s fungicidom ili nekim drugim zaštitnim sredstvom prska samo po biljkama. Najjednostavniji pozitivni efekti kod prskalice se postižu jednostavnom sekcijском kontrolom rada prskalice pri čemu se eliminiraju preklapanja i dvostruko prskanje, kao i dijelovi parcele koji ostaju nepoprskani. Prskalice koje rade u tehnologiji precizne poljoprivrede moraju biti opremljene brojnim sensorima i uređajima za regulaciju i cijelo vrijeme povezane s GNSS sustavom. Svaka mlaznica se može neovisno uključivati i isključivati, pa se tako može osigurati ravnomjeran i točan tretman svakog dijela parcele. Ne dolazi do preklapanja, ne ostaju zakorovljena mjesta bez tretmana, prska se samo po korovima i postižu se značajne uštede na utrošenim kemijskim sredstvima, kontaminacija poljoprivrednih proizvoda je smanjena na minimum, smanjeno je zagađenje okoliša i povećan je učinak.



Slika 7. Prskalice opremljena sensorima korova (Izvor: <https://www.weedmart.org.au>)

Redukcija raspršene količine na apsolutni minimum trebala bi smanjiti onečišćenje okoliša i potaknuti smanjenje upotrebe skupih sredstava. Potrebno je izbjegavati profilaktička

tretiranja, dok je prijeko potrebnu aplikaciju potrebno provesti precizno, bez ranije uobičajenih dodataka veće sigurnosti, efikasnije i manje štetno za okoliš. (Jurišić i Plaščak, 2009.).

#### 4.1.7 Navigacijski sustavi u poljoprivredi

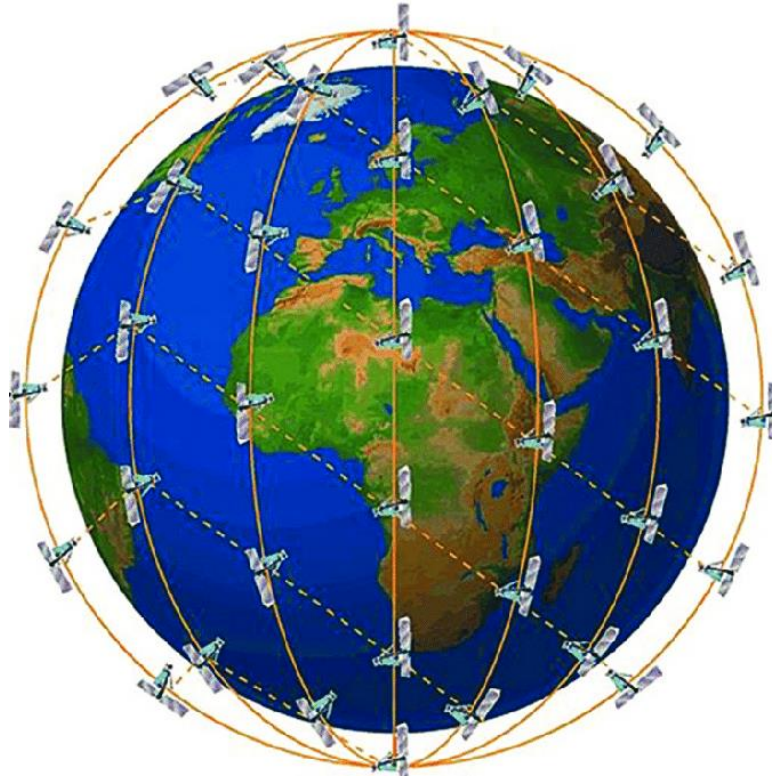
GNSS omogućuje da se zabilježe položaji točaka na Zemlji i pomogne navigacija do tih točaka i od njih. GNSS se može upotrebljavati svugdje, osim na mjestima gdje je nemoguće primiti signal, a to su mjesta unutar zgrada, u tunelima, špiljama, garažama i drugim podzemnim lokacijama te ispod vode. Osnovna zadaća GNSS-a je precizno određivanje položaja točke na kopnu, na moru, u zraku, u svemirskom prostoru bliskom zemlji, te određivanje trenutne pozicije i brzine pokretnog objekta (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Isti autori navode da se NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging, službeno ime Ministarstva obrane SAD-a za GNSS) sastoji se od tri osnovna segmenta:

- svemirski: tvore ga sateliti koji odašilju signale,
- kontrolni: upravlja cijelim sustavom-zemaljske stanice i
- korisnički: različiti tipovi prijmnika.

Svemirski segment se sastoji od 24 satelita (slika 8.) koji se gibaju u približno kružnoj orbiti na visini od 20200 kilometara iznad Zemljine površine. Rad na takvoj visini omogućuje da signali prekriju veće područje. Sateliti su tako složeni u orbite da GNSS prijmnik na Zemlji može uvijek primati signale s barem četiri od njih. Osnovni zadatak GNSS satelita je odašiljanje radiosignala pomoću kojih se može mjeriti udaljenost između satelita i prijmnika (pseudoudaljenost). Svaki satelit odašilje radiosignal širokog spektra koji je manje podložan ometanju. Karakteristike odaslanih signala precizno su kontrolirane atomskim satovima, koji se nalaze u svakom satelitu. Signal putuje kao zraka svjetlosti, što znači da prolazi kroz oblake, staklo i plastiku, ali ne prolazi kroz noge čvrste objekte kao što su zgrade i planine (Jurišić i Plaščak, 2009.).





Slika 8. Konstelacija satelita (Izvor: <https://www.researchgate.net>)

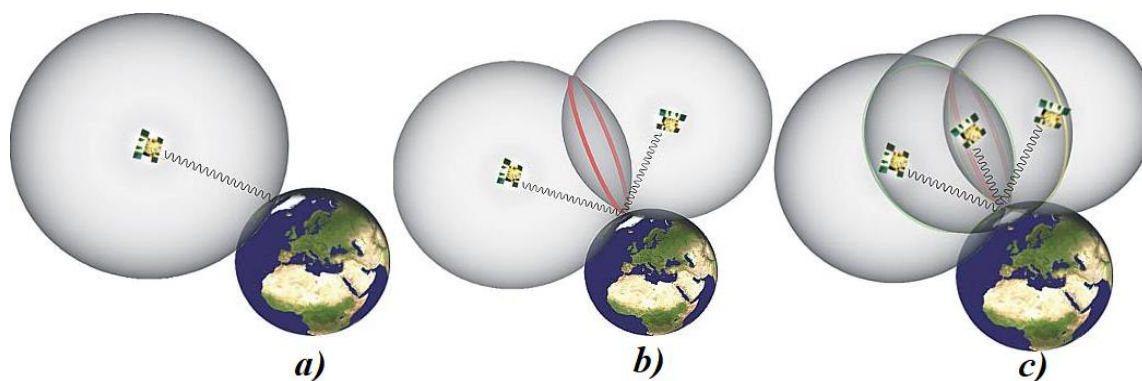
Kontrolni segment obuhvaća glavnu komandu stanicu, opažačke stanice i zemaljske kontrolne stanice. Glavne zadaće kontrolnog dijela GNSS-a su praćenje satelita u svrhu određivanja orbita i vremena, sinkronizacija vremena satelita, te odašiljanje poruka s neophodnim informacijama satelita. Opažačke stanice razmještene su na Zemljinoj površini u blizini ekvatora, svaka od stanica opremljena je preciznim atomskim satom i neprekidno mjeri pseudoudaljenosti od svih satelita na horizontu. Kontrolne stanice odašilju satelitu podatke o efemeridama i o satovima satelita izračunate u glavnoj kontrolnoj stanici. Efemeride su točno podatci o položaju satelita i vrijede do šest sati (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Isti autori navode kako postoje dvije osnovne skupine korisnika GNSS-a, autorizirani i neautorizirani. Autorizirane korisnike predstavlja vojska SAD-a, dok su u drugoj skupini svi ostali korisnici u svijetu. Uporaba GNSS-a u civilne svrhe započela je vrlo brzo nakon uspostave sustava i razvijala se brže nego što je itko očekivao. Danas se GNSS prijammnici koriste za izvođenje svih vrsta geodetskih kontrolnih i inženjerskih radova, u fotogrametriji, koriste se i u zračnom, vodenom, kopnenom prometu, geofizici, šumarstvu i poljoprivredi.

## Princip rada GNSS-a

Prema URL3 GNSS-prijamnik treba znati dvije stvari ako namjerava raditi svoj posao, mora znati gdje su sateliti (njihov položaj) i koliko su daleko (udaljenost). GNSS-prijamnik od satelita prikuplja dvije vrste kodiranih informacija. Jedan tip informacija, podaci iz almanaha, sadrže približni položaj satelita. Ti se podaci kontinuirano prenose i spremaju u memoriju GNSS-prijamnika tako da on zna orbite satelita i gdje bi koji satelit trebao biti. Kako se sateliti miču uokolo, podaci iz almanaha se periodički ažuriraju novim informacijama. Kad GNSS-prijamnik zna precizan položaj satelita u prostoru, još treba znati koliko su oni daleko kako bi mogao odrediti svoj položaj na Zemlji. Udaljenost od satelita jednaka je brzini emitiranog signala pomnoženoj s vremenom koje treba da signal dođe do prijamnika. Kada su poznate informacije o položaju satelita i udaljenosti, prijamnik može odrediti svoj položaj. Trenutni položaj može se vidjeti u GNSS-u u obliku koordinata. Kako različite geografske i pomorske karte koriste različite koordinatne sustave za određivanje položaja, GNSS-prijamnici omogućuju odabir koordinatnog sustava za određenu namjenu. Najčešće koordinate su geografska širina i geografska dužina. Taj način zapisa koordinata ugrađen je u sve GNSS-prijamnike.

Kada postoji spoznaja o položaju satelita i udaljenosti, prijamnik može odrediti svoj položaj. Potrebno je pretpostaviti da je 19 000 kilometara udaljenost od nekog satelita (slika 9.a). Položaj prijamnika bit će negdje na zamišljenoj sferi (lopti) kojoj je satelit u središtu i polumjer 19 000 km. Pretpostavka je, nadalje, da je prijamnik 20.000 km od drugog satelita. Druga sfera siječe prvu u zajedničkoj kružnici (slika 9.b). Ako se doda treći satelit, na udaljenosti 21 000 km, postojat će dvije zajedničke točke u kojima se sijeku sve tri sfere (slika 9.c). Iako su moguća dva položaja, oni se znatno razlikuju po koordinatama. Za odluku o tome koja od dviju zajedničkih točaka daje stvarni položaj, trebat će unijeti približnu visinu u GNSS-prijamnik. To će omogućiti prijamniku da izračuna dvodimenzionalni položaj (geografsku širinu i dužinu). Nadalje, uz pomoć četvrtog satelita, prijamnik može odrediti i trodimenzionalni položaj (geografsku širinu, dužinu i visinu). Pretpostavlja se da je udaljenost od četvrtog satelita 18.000 km. Sad postoji situacija da četvrta sfera siječe prve tri u jednoj zajedničkoj točki (Jurišić i Plaščak, 2009.).



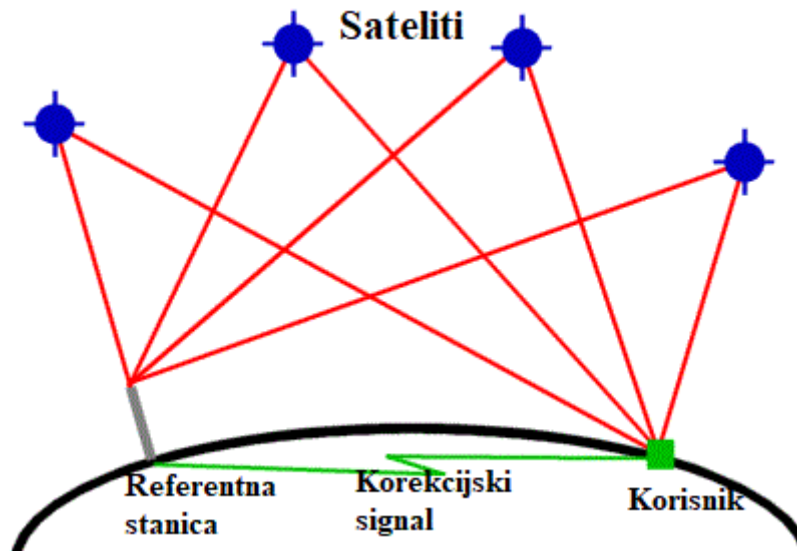
Slika 9. Pozicioniranje pomoću 3 satelita (Izvor: <http://www.kartografija.hr>)

### Princip rada DGNSS-a

Jurišić i Plaščak (2009.) opisuju diferencijalni GNSS kao tehniku gdje se koriste dva ili više prijamnika. Jedan GNSS prijamnik (referentni) postavi se na poznatu točku. Referentni prijamnik registrira satelite i za njih, na osnovi poznate (iz koordinata) i mjerene udaljenosti, računa korekcije pseudoudaljenosti.

URL3 navodi da diferencijalni GNSS (slika 10.) radi tako da se GNSS-prijamnik (naziva se referentnom stanicom) stavi na poznati položaj. Budući da referentna stanica zna svoj točni položaj, može odrediti pogreške u satelitskim signalima. Ona to radi mjerenjem udaljenosti do svakog satelita koristeći dolazne signale i uspoređujući te mjerene udaljenosti s udaljenostima izračunanim iz poznatih položaja. Razlika između mjerene i izračunate udaljenosti za svaki vidljivi satelit postaje "diferencijalna korekcija". Diferencijalna korekcija za svaki praćeni satelit se oblikuje u odgovarajuću korektivnu poruku i šalje DGNSS prijamnicima. Te se diferencijalne korekcije primjenjuju u računanjima GNSS-prijamnika, uklanjajući mnoge od uobičajenih pogrešaka i povećavajući točnost. Razina postignute točnosti ovisi o GNSS-prijamniku i sličnosti njegove "okoline" onoj referentne stanice, posebno o njegovoj blizini toj stanici. Prijamnik referentne stanice određuje komponente pogreške i daje korekcije GNSS-prijamniku u stvarnom vremenu. Korekcije se mogu prenositi preko radio uređaja, preko satelita, ili na neki drugi način.





Slika 10. Princip rada diferencijalnog GNSS-a (Izvor: <http://www.beacon-egypt.com/dgps.htm>)

### **RTK signal**

Kako bi se postigla najbolja preciznost za obavljanje poljoprivrednih operacija potrebno je koristiti RTK (Real Time Kinematic) signal koji omogućuje preciznost od nekoliko centimetara.

Prema URL6 s RTK GNSS-om, točnost položaja sada iznosi 2-4 cm. Iako se razlika između nekoliko metara i nekoliko centimetara još uvijek može izmjeriti mjernom trakom, razlika koju čini ovaj tehnološki napredak u naše vrijeme je astronomska. Kako je automatizacija u javnosti prihvaćena kao sredstvo za olakšavanje života i upravljanje tehnologijom, korisnici su također postali znatno ovisniji o njoj. Prije uvođenja RTK morali smo ručno odrediti svoje mjesto, ali sada RTK obavlja posao umjesto nas. GNSS prijammnici morali su izmjeriti vrijeme potrebno da signal dosegne prijammnik sa satelita putujući kroz ionosferu i atmosferu. Te su početne barijere usporile signal. Zbog toga je GNSS imao nisku točnost. Za razliku od GNSS-a, RTK ima dva prijammnika. Jedan ostaje statičan, dok se drugi slobodno kreće. Ova dva prijammnika nazivaju se bazna stanica, odnosno rover. Posao prvog je ostati fiksna i drugom poslati ispravljene podatke. Rover izračunava udaljenost pomoću podataka i daje centimetarski točan položaj. Jedna baza može se povezati s nekoliko rovera. Laički rečeno, osnovna funkcija RTK-a je uklanjanje pogrešaka i smanjenje netočnosti pomoću bazne stanice i rovera.

Prema URL5 kada se radi o preciznom ratarstvu, RTK je najbolje rješenje kada je riječ o preciznosti, ponovljivosti i vremenu dobivanja signala. RTK eliminira svaku mogućnost gubitka globalnog satelitskog navigacijskog sustava i nudi jedinstvenu preciznost od prohoda do prohoda od  $\pm 2,5$  cm.

## **CROPOS**

Prema URL7 sustav GNSS unio je u osnovne geodetske djelatnosti velike promjene i niz novosti. Pod pojmom referentni GNSS sustavi podrazumijevaju se: GPS - američki sustav (Global Positioning System), GLONASS - ruski sustav (GLObal NAVigation Satellite System) te europski sustav GALILEO. Osnovne težnje u geodetskoj znanosti i praksi oduvijek su što veća točnost i pouzdanost podataka uz minimalne materijalne izdatke. Odgovor na ove težnje najbolje daje koncept umreženih referentnih GNSS stanica. Pomoću umreženih referentnih stanica moguća su kontinuirana GNSS mjerenja i prijenos podataka mjerenja u kontrolni centar te mogućnost daljinskog upravljanja referentnim stanicama iz kontrolnog centra. Na temelju podataka mjerenja računaju se korekcijski parametri za mjerenja različitih razina točnosti u realnom vremenu te izvorni podaci mjerenja za post-processing obradu kod najviših zahtjeva točnosti. CROPOS je državna mreža umreženih referentnih stanica Republike Hrvatske i čine ga 33 referentne GNSS stanice na međusobnoj udaljenosti od 70 km raspoređenih tako da prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske u svrhu prikupljanja podataka satelitskih mjerenja i računanja korekcijskih parametara. Korekcijski parametri bit će dostupni korisnicima na terenu putem mobilnog interneta.

## **Navigacija**

Glavna svrha navigacije je da omogući kretanje od točke A do točke B na najjednostavniji mogući način. GNSS-prijamnici mogu spremati više stotina točaka, ili položaja koji se nazivaju točkama na putu ili kraće "putnim točkama" (waypoints). Kuća, pristanište, zračna luka, parkirani auto, značajna ribolovna ili lovna točka ili neka poznata kulturno-povijesna mjesta koja biste željeli ponovno posjetiti, neki su od primjera položaja koji se mogu spremati i kasnije pronaći. Što se može poduzeti ako niste nikada bili na nekoj točki, ali znate njezine koordinate ili njezin položaj na karti? U memoriji GNSS-prijamnika mogu se kreirati točke koje prikazuju mjesta na kojima nikada niste bili. Nakon toga GNSS-prijamnik može biti uređaj koji korisnika vodi do tih točaka (Jurišić, Plaščak 2009.).

Isti autori navode kako vođenje do nekog mjesta znači mogućnost jednostavnog izbora određene točke i naredbe GNSS-prijamniku da "ide do nje". Prijamnik će crtati crtu do te točke i voditi prema točki pokazujući smjer strelicom koja izgledom podsjeća na kompas, željenom linijom smjera, ili 3D prikazom "autoceste". Kad idete do traženog mjesta, GNSS-prijamnik može bilježiti vaš položaj i smjer kretanja, brzinu kretanja, udaljenosti do odredišta, i vrijeme koje ćete trebati do cilja. Ako je između vas i vašeg cilja planina, otok ili kanjon pa se ne možete ići ravnom linijom do vaše točke, tada se može narediti prijamniku da ide nizom putnih točaka određenim redom, a to se naziva "rutom".

### **Automatsko upravljanje traktora**

Prema URL4 automatsko upravljanje traktora je sustav koji se bazira na GNSS signalima i automatski upravlja traktorom u polju bez preklapanje ili razmaka između prohoda. Ovaj sustav se koristi na traktorima, kombajnama, silažnim kombajnama, samohodnim prskalicama, rasipačima i kosilicama. Upotrebom GNSS navigacije i veze s upravljačkim sustavom traktora moguće je potpuno automatsko upravljanje traktora i vođenje po zamišljenim i unaprijed definiranim putanjama, pri čemu nije potrebno dnevno svjetlo, ni umjetna rasvjeta, pa se strojevi mogu koristiti danju i noću. Ovo automatsko upravljanje ima veliku primjenjivost u poslovima predsjetvene obrade tla, osnovne gnojidbe, prihrane, sjetve, zaštite usjeva, međuredne obrade, žetve itd. Uštede koje se postižu ponekad su vrlo velike i oprema za automatsko navođenje i/ili upravljanje se u pravilu isplati u kratkom vremenskom intervalu. Prihvatljivo je i za manja gospodarstva. Najznačajnije uštede su u smanjenom nepotrebnom preklapanju prohoda, točnoj aplikaciji gnojiva i zaštitnih sredstava, većim dnevnim učincima i optimalnom korištenju konstrukcijskog radnog zahvata strojeva.

### **4.2 Primjena navigacije na OPG-u Mitrović**

Na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu Mitrović bave se stočarskom proizvodnjom, a na svojim poljima uglavnom uzgajaju kulture koje se koriste za hranidbu stoke. Tako na svojim proizvodnim površinama uzgajaju kukuruz, djetelinsko travne smjese te pšenicu i ječam za žetvu zrna. Nepovoljan utjecaj na proizvodnju očituje se u velikom broju parcela, koje se nalaze na više različitih lokacija. Ovaj problem povećava troškove i smanjuje vrijeme čistog rada zbog povećanog vremena transporta. Kako bi smanjili ulazne troškove i povećali učinak, na OPG-u su se odlučili za nabavku traktora koji ima mogućnost automatskog navođenja. Nabava ovakvog stroja omogućila je, prema riječima vlasnika, lakši rad noću i uvelike smanjuje umor rukovatelja. Prilikom obavljanja agrotehničkih

operacija smanjuje se potrošnja goriva i repromaterijala, a štiti se i okoliš zbog smanjene količine apliciranja zaštitnih sredstava i gnojiva.

#### 4.2.1 John Deere navigacija u poljoprivredi

Prema URL5 otkada je John Deere izumio prvo kartiranje uroda i sustav automatiziranog navođenja, njihova rješenja za upravljanje u poljoprivredi nastavljaju revolucionirati tradicionalne ratarske prakse. John Deere prijamnici i zaslone pružaju hardversku infrastrukturu za iskorištavanje punog potencijala modernog ratarstva i pripremu poslovanja za veći uspjeh.

##### **John Deere StarFire 6000 prijamnik**

URL5 navodi kako je StarFire 6000 (slika 11.) najnoviji GNSS prijamnik tvrtke John Deere. Ovaj prijamnik karakterizira novi, dinamični dizajn, konzole za zaštitu od krađe, bolja uporabivost i poboljšani domet signala. Ove odlike će omogućiti poljoprivredniku bržu pripremu za rad u polju i pružiti veću preciznost, čak i bolju stabilnost signala. Prijamnik StarFire 6000 paralelno prati do 3 satelita s korekcijskim signalom - time pružajući najbolji korekcijski signal i pokrivenost signala, koja je 3 puta bolja od prethodne generacije prijamnika, on uvijek aktivno bira najbolji satelit i u slučaju promjene uvjeta može se prebaciti 80% brže na najbolji geostacionaran satelit. Signal SF1 je signal ulazne razine koji omogućuje preciznost  $\pm 15$  cm od prohoda do prohoda, ovaj signal je besplatan i uključuje i GLONASS satelite. Novi signal SF3 pruža preciznost od  $\pm 3$  cm od prohoda do prohoda i 9 mjeseci sezonske ponovljivosti. Tako se mogu koristiti iste linije navođenja za višestruke prolaze tijekom sezone rasta, što omogućuje precizan razmještaj sjemena i hranjivih tvari bez pomicanja linija ili novog kartiranja granica polja.



Slika 11. John Deere StarFire 6000 (Izvor: vlastita fotografija)

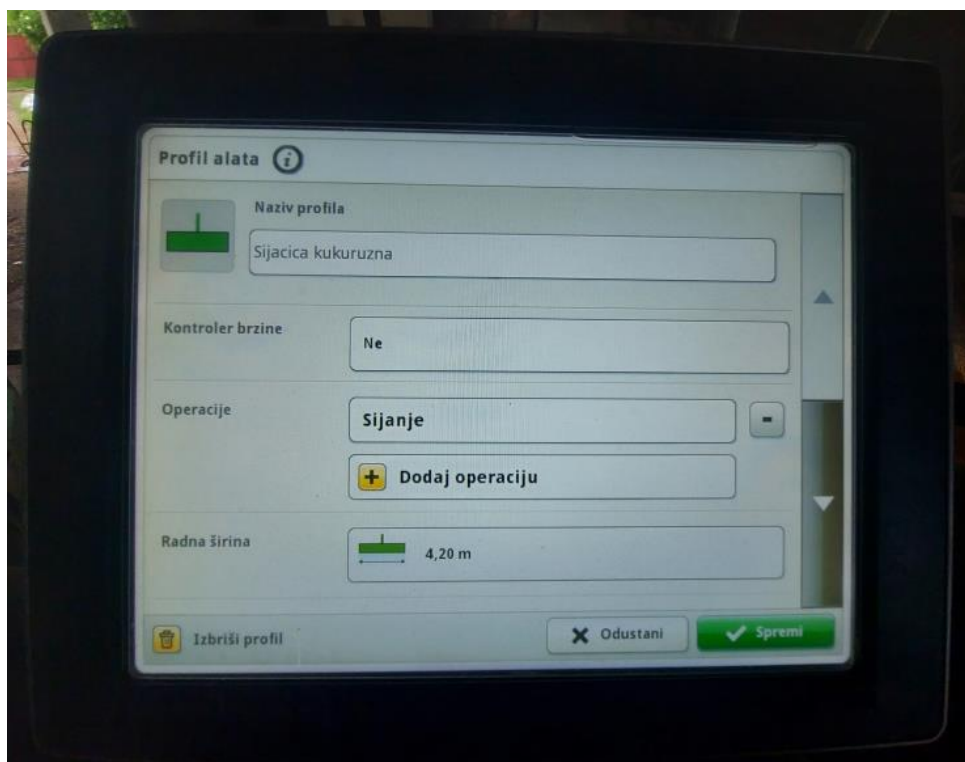
### **John Deere upravljački centar 4600**

Prema URL5 sve John Deere zaslone četvrte generacije karakterizira isto sučelje, jednostavno korištenje te kompatibilnost s više brendova. Korisničko sučelje je moguće namjestiti prema željama korisnika. Upravljački centar 4600 (slika 12.) karakterizira zaslon osjetljiv na dodir dimenzija dijagonale 25,4 cm, četiri video ulaza, mogućnost spajanja na prošireni monitor i višestruke opcije programske nadogradnje za napredne precizne primjene u poljoprivredi.



Slika 12. Zaslou upravljaačkog centra 4600 (Izvor: vlastita fotografija)

U aplikaciji za profil alata (slika 13.) moguće je unijeti sve informacije potrebne o priključnom stroju. Tako je moguće unijeti koji je način agregatiranja stroja za traktor, radni zahvat, dimenzije stroja. Ove značajke su bitne za precizniji rad. Za navođenje je nužno unijeti radni zahvat priključnog stroja. Unošenjem radnog zahvata prikazuje se površina koja je obrađena u svakom proходу. Samim time moguće je kreirati karte pokrivenosti i izračunati obrađenu površinu. Radni zahvat je moguće unijeti u metrima ili kao broj redova kada se radi o npr. sijačici kukuruza. Tada je potrebno unijeti još i razmak između redova.



Slika 13. Aplikacija profila alata (Izvor: vlastita fotografija)

### **John Deere AutoTrac komponente**

Traktor koji se nalazi na OPG-u Mitrović posjeduje ugrađeni AutoTrac sustav. Ovaj sustav kada je uparen s prijammikom StarFire i zaslonom koji se nalazi u upravljačkom centru omogućuje automatsko navođenje agregata u polju. Kako je ovaj sustav već ugrađen u traktor nemoguće ga je prebacivati iz stroja u stroj za razliku od nekih drugih varijanti ovakvog navođenja. Ono što ovaj sustav čini posebnim je i to što nije potrebno instalirati uređaje, nego samo spojiti GNSS prijammnik. Sustav se sastoji od senzora za protok hidrauličnog ulja, elektrohidrauličnog ventila za upravljanje, glavne jedinice za upravljanje i prekidača za pokretanje automatskog navođenja. Senzor protoka ulja je ugrađen u dovod ulja do upravljačkog cilindra. Ulje koje dolazi odnosno odlazi iz upravljačkog cilindra prolazi kroz senzor koji tako određuje kut i smjer u kojem su zakrivljeni kotači. Elektrohidraulični ventil zamjenjuje standardni ventil za upravljanje. Ovaj ventil može primati informacije od glavne jedinice za upravljanje i tako ispraviti kotače kako bi traktor ostao na željenoj putanji kretanja. Glavna jedinica za upravljanje je odgovorna za preuzimanje informacija o trenutnoj lokaciji i odstupanju od linije vođenja, koje prima od upravljačkog centra, te slanje tih informacija do upravljačkog ventila.

## John Deere AutoTrac

URL5 navodi kako je pomoću AutoTrac automatskog navođenja moguće povećati produktivnost, smanjiti troškove goriva, gnojiva i kemikalija. Polje je moguće obrađivati s besprijekornom točnošću čak i u zahtjevnijim uvjetima poput slabe vidljivosti (noć, magla, prašina) ili brežuljkastog terena.

Pritiskom tipke Navođenje na zaslonu otvara se izbornik za navigaciju. Sljedeća radnja koja je potrebna je odabir putanje ili unos nove. Kada je putanja odabrana moguće je uključiti AutoTrac odnosno asistirani sustav za navođenje i upravljanje. Na zaslonu (slika 14.) je tada vidljiva shema traktora, linija vođenja te se prikazuje obrađena površina. Putanju navođenja, koja je prikazana linijom bijele boje, je moguće pomicati pomoću tipki za pomak putanje.



Slika 14. Zaslonski prikaz navođenja (Izvor: vlastita fotografija)

Prilikom snimanja nove putanje moguće je odabrati nekoliko različitih vrsta putanja; ravna, zavojita i kružna putanja. Također moguće je snimiti granice polja. Kod snimanja ravne linije rukovatelj stroja ima nekoliko mogućnosti (slika 15.) kako će snimiti istu. Kod „metode A+B“ rukovatelj stroja odabire „točku A“ pritiskom tipke na zaslonu, „točka A“ se smješta na trenutnu lokaciju stroja, tada je potrebno odvoziti do kraja polja i pritisnuti tipku za odabir „točke B“. Metoda „A+kurs“ pruža mogućnost odabira „točke A“ te je



potrebno unijeti željeni kurs po kojem će se kretati linija. U metodama s geografskom širinom i dužinom potrebno je poznavati koordinate točaka, te ih ručno unijeti u sustav. Moguće je unijeti „točku A“ i „točku B“ ili „točku A“ te željeni kurs. Prvu linija koja se snimi naziva se nulta linija i paralelno s njom stvaraju se sve ostale linije navođenja. Razmak između linija je uvijek isti i iznosi vrijednost odabranog radnog zahvata.



Slika 15. Metode navođenja za ravnu putanju (Izvor: vlastita fotografija)

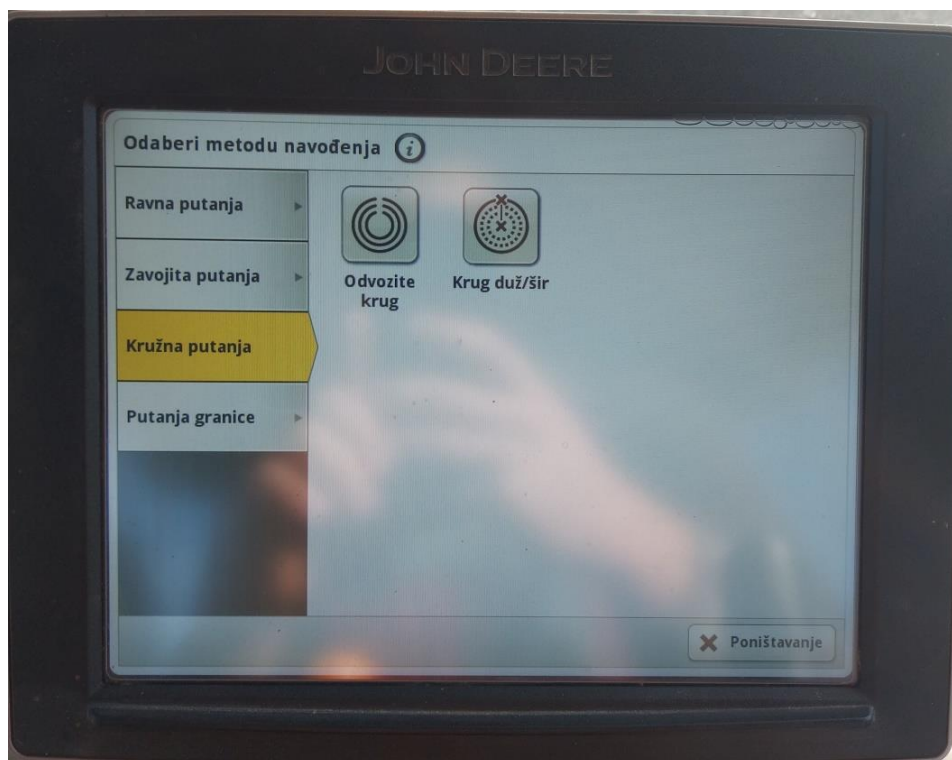
Kod polja koja nisu ravna, odnosno zakrivljena su moguće je snimiti zakrivljenu liniju vođenja. Za početak snimanja krivulje potrebno je odabrati u izborniku navođenja „zavojnita putanja“ (slika 16.) te odabrati metodu „AB krivulja“. Rukovatelj odabire „točku A“ i ručnim upravljanjem snima zakrivljenost. kod dolaska do kraja polja odabire „točku B“. Sustav automatski generira 10 dodatnih linija uz nultu liniju navođenja. Pet linija navođenja se nalazi sa svake strane nulte linije. Kada stroj dođe do posljednje, odnosno pete linije sustav dodaje još jednu liniju i dodaje dodatne linije nakon svakog prohoda. U ovom načinu linije vođenja nisu identične nultoj liniji nego krivulje postaju više konveksne odnosno konkavne što se više odmiču od nulte linije. Pomoću metode „prilagodljiva krivulja“ rukovatelj stroja ručno snima krivulju kojom zaobilazi neku prepreku na polju, npr. dalekovod, telefonski stup itd. Ovom metodom se također u svakom prohodu

povećava konveksnost ili konkavnost linije. Kod obje metode navođenja razmak između linija se ne mijenja i jednak je odabranog radnom zahvatu stroja.



Slika 16. Metode navođenja za zavojitu putanju (Izvor: vlastita fotografija)

Kod polja koja su kružnog oblika ili jednostavno nepravilnog oblika moguće je odabrati metodu koja kreira koncentrične kružnice za navođenje (slika 17.). Kod snimanja ove metode moguće je ručno odvoziti krug ili unijeti koordinate točaka. Prilikom ručnog snimanja rukovatelj stroja odabire „točku A“ i vozi po granicama polja. Sustav prepoznaje kada se stroj približio „točki A“ te automatski odabire „točku B“ i zatvara krug. Kod drugog načina snimanja potrebno je unijeti koordinate koje predstavljaju središte kruga i koordinate točke na granici polja. Ovim načinom kreiraju se koncentrične kružnice savršenog oblika i idealan je za obradu kružnih polja.



Slika 17. Metode navođenja za kružnu putanju (Izvor: vlastita fotografija)

### 4.3 Dimenzije prosječne parcele

Kako bi se mogle odrediti dimenzije polja bilo je potrebno prvo izračunati površinu prosječne parcele. Prema formuli (1) površina iznosi:

$$\begin{aligned} \text{Površina prosječne parcele} &= \frac{\text{ukupna površina [ha]}}{\text{ukupan broj parcela}} = \frac{136}{69} = 1,971014 \text{ ha} \\ &= 19710,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Prosječna parcela je kvadratnog oblika stoga su dužina ( $L_u$ ) i širina ( $L$ ) polja jednake duljine. Ove vrijednosti su izračunate prema formuli (2) i iznose:

$$\begin{aligned} \text{Duljina stranica polja} &= \sqrt{\text{površina prosječne parcele [m}^2\text{]}} = \sqrt{19710,14} \\ &= 140,39 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_u=L=140,39 \text{ m}$$

#### 4.4 Izračun površine preklopa pri ručnom upravljanju

##### 4.4.1 Izračun eksploatacijskog radnog zahvata pri ručnom upravljanju

Prema formuli (3) korištenjem srednje vrijednosti koeficijenta iskorištenja radnog zahvata u iznosu od 0,93 dobivene su vrijednosti eksploatacijskog radnog zahvata za svaki priključni stroj. Vrijednosti su izražene u tablici 1.

Tablica 1. Iskorištenje radnog zahvata pri ručnom upravljanju pogonskim strojem (Izvor: vlastita tablica)

Iskorištenje radnog zahvata 93%	Tanjurača	Drljača	Sjetvospremač	Prskalice	Rasipač	Kosilice
Konstruktivski radni zahvat-B [m]	4,00	6,00	8,50	15,00	15,00	5,50
Eksploatacijski radni zahvat-B <sub>r</sub> [m]	3,72	5,58	7,90	13,95	13,95	5,10
Širina preklopa-p [m]	0,28	0,42	0,60	1,05	1,05	0,40

##### 4.4.2 Površina preklopa pri radu s tanjuračem

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{3,72} = 37,74 = 38 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 38 - 1 = 37$$

Ukupna širina obrađena N' brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 37 \times 3,72 = 137,64 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi L<sub>1</sub> iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 137,64 = 2,75 \text{ m}$$

Po izračunu je vidljivo da je L<sub>1</sub><B stoga se izračunava:

$$x' = B - L_1 = 4 - 2,75 = 1,25 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,28 + 1,25 = 1,53 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 36 \times 0,28 \times (L_u - 2E) \\ &= 36 \times 0,28 \times (140,39 - 2 \times 7,72) = 36 \times 0,28 \times 124,95 \\ &= 1259,50 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 1,53 \times 124,95 = 191,17 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,28 \times 140,39 = 78,60 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s tanjuračom izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 1259,50 + 191,17 + 78,60 = 1529,27 \text{ m}^2$$

#### 4.4.3 Površina preklopa pri radu drljačom

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{5,58} = 25,16 = 26 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 26 - 1 = 25$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 25 \times 5,58 = 139,50 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 139,50 = 0,89 \text{ m}$$

Po izračunu je vidljivo da je  $L_1 < B$  stoga se izračunava:

$$x' = B - L_1 = 6 - 0,89 = 5,11 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,42 + 5,11 = 5,53 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 24 \times 0,42 \times (L_u - 2E) \\ &= 24 \times 0,42 \times (140,39 - 2 \times 11,58) = 24 \times 0,42 \times 117,23 \\ &= 1181,68 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 5,53 \times 117,23 = 648,28 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,42 \times 140,39 = 117,93 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s drljačem izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 1181,68 + 648,28 + 117,93 = 1947,89 \text{ m}^2$$

#### 4.4.4 Površina preklopa pri radu sjetvospremačem

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{7,90} = 17,77 = 18 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 18 - 1 = 17$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 17 \times 7,90 = 134,30 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 134,30 = 6,09 \text{ m}$$

Po izračunu je vidljivo da je  $L_1 < B$  stoga se izračunava:

$$x' = B - L_1 = 8,50 - 6,09 = 2,41 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,60 + 2,41 = 3,01 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 16 \times 0,60 \times (L_u - 2E) \\ &= 16 \times 0,60 \times (140,39 - 2 \times 16,4) = 16 \times 0,60 \times 107,59 \\ &= 1032,86 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 2,41 \times 107,59 = 259,30 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,60 \times 140,39 = 168,47 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 1032,86 + 259,30 + 168,47 = 1460,63 \text{ m}^2$$

#### 4.4.5 Površina preklopa pri radu prskalicom

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{13,95} = 10,06 = 10 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 10 - 1 = 9$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 9 \times 13,95 = 125,55 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 125,55 = 14,84 \text{ m}$$

Pri radu s prskalicom moguće je isključiti pojedine mlaznice odnosno dio sekcija, te je moguće izračunati širinu polja koju je još potrebno zaštititi prema formuli (12) u ovom slučaju ta širina iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p = 14,84 - 1,05 = 13,79 \text{ m}$$

S obzirom na to da prskalica ima konstrukcijski radni zahvat od 15 m s 30 mlaznica koje se međusobno udaljene 0,5 m rukovatelj stroja može koristiti radni zahvat (B') od 14 m, ako ugasi dvije mlaznice, za obradu netretirane širine polja ( $L_{pd}$ ) u iznosu od 13,79 m. Pri tome će se u zadnjem prohodu javiti preklop ( $p''$ ) koji se izračunava prema formuli (13) i njegova vrijednost u ovom slučaju je:

$$p'' = B' - L_{pd} = 14 - 13,79 = 0,21 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$S_{N'-1} = (N' - 1) \times p \times L_r = 8 \times 1,05 \times 140,39 = 1179,28 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa  $S_{p''}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p''$  koja iznosi:

$$S_{p''} = p'' \times L_r = 0,21 \times 140,39 = 29,50 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s prskalicom izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p''} = 1179,28 + 29,50 = 1208,78 \text{ m}^2$$

#### 4.4.6 Površina preklopa pri radu s rasipačem mineralnog gnojiva

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{13,95} = 10,06 = 10 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 10 - 1 = 9$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:



$$L_2 = N' \times B_r = 9 \times 13,95 = 125,55 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 125,55 = 14,84 \text{ m}$$

S obzirom na to da na preostala širina za obradu iznosi više od polovice radnog zahvata rukovatelj mora koristiti puni radni zahvat stroja. Stoga se prvo izračunava vrijednost  $x'$  jer je  $L_1 < B$  i ona iznosi:

$$x' = B - L_1 = 15 - 14,84 = 0,16 \text{ m}$$

Širina preklopa  $p'$  između zadnjeg i predzadnjeg prohoda tada će iznositi:

$$p' = p + x' = 1,05 + 0,16 = 1,21 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$S_{N'-1} = (N' - 1) \times p \times L_r = 8 \times 1,05 \times 140,39 = 1179,28 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 1,21 \times 140,39 = 169,87 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s rasipačem mineralnog gnojiva izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} = 1179,28 + 169,87 = 1349,15 \text{ m}^2$$

#### 4.4.7 Površina preklopa pri radu s kosilicama

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{5,10} = 27,53 = 28 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 28 - 1 = 27$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 27 \times 5,10 = 137,70 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 137,70 = 2,69 \text{ m}$$

S obzirom na to da je traktor opremljen s dvije kosilice, jednom agregatiranom sprijeda čiji je radni zahvat 2,5 m i jednom agregatiranom straga koja ima radni zahvat s bočne strane od 3 m, moguće je u ovom slučaju ugasiti kosilicu sprijeda te koristiti radni zahvat ( $B'$ ) u iznosu od 3 m. U ovom slučaju je  $L_1 < B'$  i potrebno je izračunati vrijednost  $x'$  koja iznosi:

$$x' = B' - L_1 = 3 - 2,69 = 0,31 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će u ovom slučaju iznositi:

$$p' = p + x' = 0,40 + 0,31 = 0,71 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 26 \times 0,40 \times (L_u - 2E) \\ &= 26 \times 0,40 \times (140,39 - 2 \times 10,60) = 26 \times 0,40 \times 119,19 \\ &= 1239,58 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 0,71 \times 119,19 = 84,62 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,40 \times 140,39 = 112,31 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s kosilicama izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 1239,58 + 84,62 + 112,31 = 1436,51 \text{ m}^2$$

## 4.5 Izračun površine preklopa pri automatskom upravljanju

### 4.5.1 Izračun eksploatacijskog radnog zahvata pri automatskom upravljanju

Anketiranjem vlasnika utvrđeno je kako preklop pri korištenju automatskog upravljanja iznosi 5 cm. Sukladno tome moguće je izračunati koliki je eksploatacijski radni zahvat, a po tome i iskorištenje radnog zahvata. Vrijednosti su prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Iskorištenje radnog zahvata pri korištenju automatskog upravljanja pogonskim strojem (Izvor: vlastita tablica)

Preciznost ± 5 cm	Tanjurača	Drljača	Sjetvospremač	Prskalica	Rasipač	Kosilice
Konstruktivski radni zahvat-B [m]	4,00	6,00	8,50	15,00	15,00	5,50
Eksploatacijski radni zahvat-B <sub>r</sub> [m]	3,95	5,95	8,45	14,95	14,95	5,45
Širina preklopa-p [m]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Iskorištenje radnog zahvata [%]	98,75	99,17	99,41	99,67	99,67	99,00

### 4.5.2 Površina preklopa pri radu tanjuračom

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{3,95} = 35,54 = 36 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 36 - 1 = 35$$

Ukupna širina obrađena N' brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 35 \times 3,95 = 138,25 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi L<sub>1</sub> iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 138,25 = 2,14 \text{ m}$$

Po izračunu je vidljivo da je L<sub>1</sub><B stoga se izračunava:

$$x' = B - L_1 = 4 - 2,14 = 1,86 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,05 + 1,86 = 1,91 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 34 \times 0,05 \times (L_u - 2E) \\ &= 34 \times 0,05 \times (140,39 - 2 \times 7,95) = 34 \times 0,05 \times 124,49 \\ &= 211,63 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 1,91 \times 124,49 = 237,78 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,05 \times 140,39 = 14,04 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s tanjuračom izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 211,63 + 237,78 + 14,04 = 463,45 \text{ m}^2$$

#### 4.5.3 Površina preklopa pri radu drljačom

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{5,95} = 23,59 = 24 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 24 - 1 = 23$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 23 \times 5,95 = 136,85 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 136,85 = 3,54 \text{ m}$$

Po izračunu je vidljivo da je  $L_1 < B$  stoga se izračunava:

$$x' = B - L_1 = 6 - 3,54 = 2,46 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,05 + 2,46 = 2,51 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 22 \times 0,05 \times (L_u - 2E) \\ &= 22 \times 0,05 \times (140,39 - 2 \times 11,95) = 22 \times 0,05 \times 116,49 \\ &= 128,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 2,51 \times 116,49 = 292,39 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,05 \times 140,39 = 14,04 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s drljačem izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 128,14 + 292,39 + 14,04 = 434,57 \text{ m}^2$$

#### 4.5.4 Površina preklopa pri radu sjetvospremačem

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{8,45} = 16,61 = 17 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 17 - 1 = 16$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 16 \times 8,45 = 135,20 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 135,20 = 5,19 \text{ m}$$

Po izračunu je vidljivo da je  $L_1 < B$  stoga se izračunava:

$$x' = B - L_1 = 8,50 - 5,19 = 3,31 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,05 + 3,31 = 3,36 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 15 \times 0,05 \times (L_u - 2E) \\ &= 15 \times 0,05 \times (140,39 - 2 \times 16,95) = 15 \times 0,05 \times 106,49 \\ &= 79,87 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 3,36 \times 106,49 = 357,81 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,05 \times 140,39 = 14,04 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 79,87 + 357,81 + 14,04 = 451,72 \text{ m}^2$$

#### 4.5.5 Površina preklopa pri radu prskalicom

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{14,95} = 9,39 = 10 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 10 - 1 = 9$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 9 \times 14,95 = 134,55 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 134,55 = 5,84 \text{ m}$$

Pri radu s prskalicom moguće je isključiti pojedine mlaznice odnosno dio sekcija, te je moguće izračunati širinu polja koju je još potrebno zaštititi prema formuli (12). U ovom slučaju ta širina iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p = 5,84 - 0,05 = 5,79 \text{ m}$$

S obzirom na to da prskalica ima konstrukcijski radni zahvat od 15 m s 30 mlaznica koje se međusobno udaljene 0,5 m rukovatelj stroja može koristiti radni zahvat ( $B'$ ) od 6 m, ako koristi 2/5 radnog zahvata prskalice odnosno uključenih 12 mlaznica, za obradu netretirane širine polja ( $L_{pd}$ ) u iznosu od 5,79 m. Pri tome će se u zadnjem prohodu javiti preklop ( $p''$ ) koji se izračunava prema formuli (13) i njegova vrijednost u ovom slučaju je:

$$p'' = B' - L_{pd} = 6 - 5,79 = 0,21 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$S_{N'-1} = (N' - 1) \times p \times L_r = 8 \times 0,05 \times 140,39 = 56,16 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa  $S_{p''}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p''$  koja iznosi:

$$S_{p''} = p'' \times L_r = 0,21 \times 140,39 = 29,50 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s prskalicom izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p''} = 56,16 + 29,50 = 85,66 \text{ m}^2$$

#### 4.5.6 Površina preklopa pri radu s rasipačem mineralnog gnojiva

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{14,95} = 9,39 = 10 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 10 - 1 = 9$$

Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 9 \times 14,95 = 134,55 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 134,55 = 5,84 \text{ m}$$

S obzirom na to da u ovom slučaju preostala širina za obradu iznosi manje od polovice radnog zahvata rukovatelj može koristiti pola radnog zahvata stroja ( $B'$ ), zatvaranjem jednog izlaza za gnojiva, koji iznosi 7,5 m. Širina preostalog dijela polja za obradu ( $L_{pd}$ ) prema formuli (12) iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p = 5,84 - 0,05 = 5,79 \text{ m}$$

U ovom slučaju će se javiti preklop  $p''$  koji se izračunava prema formuli (13) i ova vrijednost iznosi:

$$p'' = B' - L_{pd} = 7,5 - 5,79 = 1,71 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$S_{N'-1} = (N' - 1) \times p \times L_r = 8 \times 0,05 \times 140,39 = 56,16 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa  $S_{p''}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p''$  koja iznosi:

$$S_{p''} = p'' \times L_r = 1,71 \times 140,39 = 240,07 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s rasipačem mineralnog gnojiva izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p''} = 56,16 + 240,07 = 296,23 \text{ m}^2$$

#### 4.5.7 Površina preklopa pri radu s kosilicama

Primjenjujući formulu (4) potreban broj prohoda iznosi:

$$N = \frac{L}{B_r} = \frac{140,39}{5,45} = 25,76 = 26 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 26 - 1 = 25$$



Ukupna širina obrađena  $N'$  brojem prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 25 \times 5,45 = 136,25 \text{ m}$$

Preostala širina polja za obraditi  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 140,39 - 136,25 = 4,14 \text{ m}$$

S obzirom na to da je preostala širina polja veća od radnog zahvata kosilice od 3 m, potrebno je koristiti obje kosilice. Dakle, u ovom slučaju je  $L_1 < B$  i potrebno je izračunati vrijednost  $x'$  koja iznosi:

$$x' = B - L_1 = 5,50 - 4,14 = 1,36 \text{ m}$$

Preklop između predzadnjeg i zadnjeg prohoda ( $p'$ ) će u ovom slučaju iznositi:

$$p' = p + x' = 0,05 + 1,36 = 1,41 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se od:

- Površine preklopa  $S_{N'-1}$  nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda i ona iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= (N' - 1) \times p \times L_r = 24 \times 0,05 \times (L_u - 2E) \\ &= 24 \times 0,05 \times (140,39 - 2 \times 10,95) = 24 \times 0,05 \times 118,49 \\ &= 142,19 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Površine preklopa  $S_{p'}$  nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda sa širinom preklopa  $p'$  koja iznosi:

$$S_{p'} = p' \times L_r = 1,41 \times 118,49 = 167,07 \text{ m}^2$$

- Površine preklopa nastale obradom uvratina  $S_u$  koja iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,05 \times 140,39 = 14,04 \text{ m}^2$$

Ukupna površina preklopa ( $S_{pp}$ ) nastala pri obradi prosječne parcele s kosilicama izračunava se zbrajanjem površine preklopa nastale obradom  $N'-1$  brojem prohoda, površine preklopa nastale uklapanjem zadnjeg i predzadnjeg prohoda te površine preklopa nastale pri obradi uvratina i onda iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 142,19 + 167,07 + 14,04 = 323,30 \text{ m}^2$$

#### 4.6 Usporedba površina preklopa nastalih obradom prosječne parcele

Usporedba između ukupnih površina preklopa nastalih obradom prosječne parcele od 1,97 ha pri ručnom upravljanju odnosno automatskom upravljanju pogonskim strojem prikazana je u tablici 3.

Tablica 3. Usporedba ukupnih površina preklopa pri obradi prosječne parcele (Izvor: vlastita tablica)

Prosječna parcela 1,97 ha	Ručno upravljanje strojem			Automatsko upravljanje strojem		
	Širina preklopa, p [m]	Ukupna površina preklopa, S <sub>pp</sub> [m <sup>2</sup> ]	Omjer površine preklopa i površine prosječne parcele [%]	Širina preklopa, p [m]	Ukupna površina preklopa, S <sub>pp</sub> [m <sup>2</sup> ]	Omjer površine preklopa i površine prosječne parcele [%]
Tanjurača	0,28	1529,27	7,75	0,05	463,45	2,35
Drljača	0,42	1947,89	9,89	0,05	434,57	2,21
Sjetvospremač	0,60	1460,63	7,41	0,05	451,72	2,29
Prskalice	1,05	1208,78	6,14	0,05	85,66	0,43
Rasipač	1,05	1349,15	6,85	0,05	296,23	1,50
Kosilice	0,40	1436,51	7,29	0,05	323,30	1,64

#### 4.7 Površina preklopa pri proizvodnji pojedinih kultura

##### 4.7.1 Proizvodnja kukuruza

Ukupna površina na OPG-u na kojoj se odvija proizvodnja kukuruza iznosi 50 ha. Broj prosječnih parcela koje se nalaze pod kukuruzom iznosi 26. Agrotehničke operacije koje se obavljaju na poljima za proizvodnju kukuruza iziskuju korištenje sljedećih priključnih strojeva:

- tanjurača,
- sjetvospremač,
- prskalice (2 puta) i
- rasipač mineralnog gnojiva (2 puta).

##### Površina preklopa pri ručnom upravljanju pogonskim strojem

- Tanjurača

Kako bi se dobila ukupna površina preklopa koja se javlja pri obradi 50 ha s tanjuračom, potrebno je pomnožiti ukupnu površinu preklopa koja se javlja na prosječnoj parceli s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom.

$$1529,27 \times 26 = 39761,02 \text{ m}^2 = 3,98 \text{ ha}$$

- Sjetvospremač

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom.

$$1460,63 \times 26 = 37976,38 \text{ m}^2 = 3,80 \text{ ha}$$

- Prskalica (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s prskalicom s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom. S obzirom na to da se prskalica u proizvodnji kukuruza koristi 2 puta, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (1208,78 \times 26) = 2 \times 31428,28 \text{ m}^2 = 2 \times 3,14 \text{ ha} = 6,28 \text{ ha}$$

- Rasipač mineralnog gnojiva (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s rasipačem s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom. S obzirom na to da se rasipač u proizvodnji kukuruza koristi 2 puta, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (1349,15 \times 26) = 2 \times 35077,9 \text{ m}^2 = 2 \times 3,51 \text{ ha} = 7,02 \text{ ha}$$

### **Površina preklopa pri automatskom upravljanju pogonskim strojem**

- Tanjurača

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s tanjuračom s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom.

$$463,45 \times 26 = 12049,7 \text{ m}^2 = 1,20 \text{ ha}$$

- Sjetvospremač

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom.

$$451,72 \times 26 = 11744,72 \text{ m}^2 = 1,17 \text{ ha}$$

- Prskalica (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s prskalicom s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom. S obzirom na to da se prskalica u proizvodnji kukuruza koristi 2 puta, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (85,66 \times 26) = 2 \times 2227,16 \text{ m}^2 = 2 \times 0,22 \text{ ha} = 0,44 \text{ ha}$$

- Rasipač mineralnog gnojiva (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s rasipačem s brojem prosječnih parcela pod kukuruzom. S obzirom na to da se rasipač u proizvodnji kukuruza koristi 2 puta, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (296,23 \times 26) = 2 \times 7701,98 \text{ m}^2 = 2 \times 0,77 \text{ ha} = 1,54 \text{ ha}$$

Usporedba ukupnih površina preklopa koje nastaju u proizvodnji kukuruza prikazana je u tablici 4. Iz tablice je vidljiva i razlika između ukupnih površina preklopa pri ručnom odnosno pri automatskom upravljanju pogonskim strojem.

Tablica 4. Usporedba ukupnih površina preklopa u proizvodnji kukuruza (Izvor: vlastita tablica)

Kukuruz 50 ha	Obradena površina [ha]	Površina preklopa [ha]			Smanjenje površine preklopa [%]
		Ručno upravljanje	Automatsko upravljanje	Razlika	
Tanjurača	50	3,98	1,20	2,78	70
Sjetvospremač	50	3,80	1,17	2,63	70
Prskalice (2 puta)	100	7,28	0,44	6,84	93
Rasipač (2 puta)	100	7,02	1,54	5,48	78
<b>Ukupno</b>	300	22,08	4,35	17,73	80

Prema tablici 4. vidljivo je kako na ukupno obrađenih 300 ha površina preklopa pri ručnom upravljanju iznosi 22,08 ha, dok je površina preklopa pri automatskom upravljanju jednaka 4,35 ha. Površina preklopa pri automatskom upravljanju u odnosu na ručno upravljanje je manja za 17,73 ha odnosno 80%.

#### 4.7.2 Proizvodnja djetelinsko travnih smjesa

Ukupna površina na OPG-u na kojoj se odvija proizvodnja djetelinsko travnih smjesa iznosi 60 ha. Broj prosječnih parcela koje se nalaze pod djetelinsko travnim smjesama iznosi 30. Agrotehničke operacije koje se obavljaju na poljima za proizvodnju iziskuju korištenje sljedećih priključnih strojeva:

- tanjurača,
- sjetvospremač,
- prskalice,
- rasipač (2 puta) i
- kosilice.

#### **Površina preklopa pri ručnom upravljanju pogonskim strojem**

- Tanjurača

Kako bi se dobila ukupna površina preklopa koja se javlja pri obradi 60 ha s tanjuračom, potrebno je pomnožiti ukupnu površinu preklopa koja se javlja na prosječnoj parceli s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$1529,27 \times 30 = 45878,1 \text{ m}^2 = 4,59 \text{ ha}$$

- Sjetvospremač

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$1460,63 \times 30 = 43818,9 \text{ m}^2 = 4,38 \text{ ha}$$

- Prskalica

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s prskalicom s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$1208,78 \times 30 = 36263,4 \text{ m}^2 = 3,63 \text{ ha}$$

- Rasipač mineralnog gnojiva (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s rasipačem s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama. S obzirom na to da se rasipač u proizvodnji djetelinsko travnih smjesa koristi 2 puta, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (1349,15 \times 30) = 2 \times 40474,5 \text{ m}^2 = 2 \times 4,05 \text{ ha} = 8,10 \text{ ha}$$

- Kosilice

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s kosilicama s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$1436,51 \times 30 = 43095 \text{ m}^2 = 4,31 \text{ ha}$$

## **Površina preklopa pri automatskom upravljanju pogonskim strojem**

- Tanjurača

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s tanjuračom s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$463,45 \times 30 = 13903,5 \text{ m}^2 = 1,39 \text{ ha}$$

- Sjetvospremač

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$451,72 \times 30 = 13551,6 \text{ m}^2 = 1,36 \text{ ha}$$

- Prskalica

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s prskalicom s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$85,66 \times 30 = 2569,8 \text{ m}^2 = 0,26 \text{ ha}$$

- Rasipač mineralnog gnojiva (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s rasipačem s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama. S obzirom na to da se rasipač u proizvodnji koristi 2 puta, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (296,23 \times 30) = 2 \times 8886,9 \text{ m}^2 = 2 \times 0,89 \text{ ha} = 1,78 \text{ ha}$$

- Kosilice

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s kosilicama s brojem prosječnih parcela pod djetelinsko travnim smjesama.

$$323,3 \times 30 = 9699 \text{ m}^2 = 0,97 \text{ ha}$$

Usporedba ukupnih površina preklopa koje nastaju u proizvodnji djetelinsko travnih smjesa prikazana je u tablici 5. Iz tablice je vidljiva razlika između ukupnih površina preklopa pri ručnom odnosno pri automatskom upravljanju pogonskim strojem.

Tablica 5. Usporedba ukupnih površina preklopa u proizvodnji djetelinsko travnih smjesa (Izvor: vlastita tablica)

Djetelinsko travne smjese 60 ha	Obradena površina [ha]	Površina preklopa [ha]			Smanjenje površine preklopa [%]
		Ručno upravljanje	Automatsko upravljanje	Razlika	
Tanjurača	60	4,59	1,39	3,20	70
Sjetvospremač	60	4,38	1,36	3,02	70
Prskalica	60	3,63	0,26	3,37	93
Rasipač (2 puta)	120	8,10	1,78	6,32	78
Kosilice	60	4,31	0,97	3,36	78
<b>Ukupno</b>	360	25,01	5,76	19,25	77

Prema tablici 5. na ukupno obrađenih 360 ha površina preklopa pri ručnom upravljanju iznosi 25,01 ha, dok pri automatskom upravljanju ista iznosi 5,76 ha. Razlika između površina preklopa iznosi 19,25 ha odnosno površina preklopa pri automatskom upravljanju je za 77% manja u odnosu na ručno upravljanje.

#### 4.7.3 Proizvodnja pšenice i ječma

Ukupna površina na OPG-u na kojoj se odvija proizvodnja pšenice i ječma iznosi 26 ha. Broj prosječnih parcela koje se nalaze pod pšenicom ili ječmom iznosi 13. Agrotehničke operacije koje se obavljaju na poljima za proizvodnju ovih kultura iziskuju korištenje sljedećih priključnih strojeva:

- drljača,
- sjetvospremač,
- prskalica (3 puta) i



- rasipač mineralnog gnojiva (2 puta).

### **Površina preklopa pri ručnom upravljanju pogonskim strojem**

- Drljača

Kako bi se dobila ukupna površina preklopa koja se javlja pri obradi 26 ha s drljačom, potrebno je pomnožiti ukupnu površinu preklopa koja se javlja na prosječnoj parceli s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom.

$$1947,89 \times 13 = 25322,57 \text{ m}^2 = 2,53 \text{ ha}$$

- Sjetvospremač

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom.

$$1460,63 \times 13 = 18988,19 \text{ m}^2 = 1,90 \text{ ha}$$

- Prskalica (3 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s prskalicom s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom. Budući da se prskalica u proizvodnji koristi 3 puta, odnosno obradi se ukupno 78 ha, potrebno je ukupnu površinu utrostručiti.

$$3 \times (1208,78 \times 13) = 3 \times 15714,14 \text{ m}^2 = 3 \times 1,57 \text{ ha} = 4,71 \text{ ha}$$

- Rasipač mineralnog gnojiva (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s rasipačem s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom. S obzirom na to da se rasipač u proizvodnji ovih kultura koristi 2 puta, odnosno obradi se ukupno 52 ha, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (1349,15 \times 13) = 2 \times 17538,95 \text{ m}^2 = 2 \times 1,75 \text{ ha} = 3,50 \text{ ha}$$

### **Površina preklopa pri automatskom upravljanju pogonskim strojem**

- Drljača

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s drljačom s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom.

$$434,57 \times 13 = 5649,41 \text{ m}^2 = 0,56 \text{ ha}$$

- Sjetvospremač

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele sa sjetvospremačem s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom.

$$451,72 \times 13 = 5872,36 \text{ m}^2 = 0,59 \text{ ha}$$

- Prskalica (3 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s prskalicom s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom. S obzirom na to da se prskalica u proizvodnji ovih kultura koristi 3 puta, potrebno je ukupnu površinu utrostručiti.

$$3 \times (85,66 \times 13) = 3 \times 1113,58 \text{ m}^2 = 3 \times 0,11 \text{ ha} = 0,33 \text{ ha}$$

- Rasipač mineralnog gnojiva (2 puta)

Ukupna površina preklopa dobit će se množenjem ukupne površine preklopa pri obradi prosječne parcele s rasipačem s brojem prosječnih parcela pod pšenicom ili ječmom. Budući da se rasipač u proizvodnji ovih kultura koristi 2 puta, potrebno je ukupnu površinu udvostručiti.

$$2 \times (296,23 \times 13) = 2 \times 3850,99 \text{ m}^2 = 2 \times 0,39 \text{ ha} = 0,78 \text{ ha}$$

Usporedba ukupnih površina preklopa koje nastaju u proizvodnji pšenice i ječma prikazana je u tablici 6. Iz tablice je vidljiva i razlika između ukupnih površina preklopa pri ručnom odnosno pri automatskom upravljanju pogonskim strojem.

Tablica 6. Usporedba ukupnih površina preklopa u proizvodnji pšenice i ječma (Izvor: vlastita tablica)

Pšenica i ječam 26 ha	Obradena površina [ha]	Površina preklopa [ha]			Smanjenje površine preklopa [%]
		Ručno upravljanje	Automatsko upravljanje	Razlika	
<b>Drljača</b>	26	2,53	0,56	1,97	78
<b>Sjetvospremač</b>	26	1,90	0,59	1,31	69
<b>Prskalica (3 puta)</b>	78	4,71	0,33	4,38	93
<b>Rasipač (2 puta)</b>	52	3,50	0,78	2,72	78
<b>Ukupno</b>	182	12,64	2,26	10,38	82

Prema tablici 6. na ukupno obrađena 182 ha površina preklopa pri ručnom upravljanju iznosi 12,64 ha, dok pri automatskom upravljanju ista iznosi 2,26 ha. Razlika između površina preklopa iznosi 10,38 ha odnosno površina preklopa pri automatskom upravljanju je za 82% manja u odnosu na ručno upravljanje.

#### 4.8 Površine preklopa u ukupnoj proizvodnji

Ukupna površina preklopa u proizvodnji svih kultura na OPG-u Mitrović prikazana je u tablici 7. U tablici su prikazani podatci o ukupnim površinama koje se obrade s pojedinim priključnim strojevima te o površinama preklopa koje se javljaju pri toj obradi. Iz tablice je vidljiva i razlika između površine preklopa pri ručnom upravljanju odnosno pri automatskom upravljanju.

Tablica 7. Površine preklopa u ukupnoj proizvodnji (Izvor: vlastita tablica)

Preciznost signala $\pm 5$ cm	Obradena površina [ha]	Površina preklopa [ha]			Smanjenje površine preklopa [%]
		Ručno upravljanje	Automatsko upravljanje	Razlika	
Tanjurača	110	8,57	2,59	5,98	70
Drljača	26	2,53	0,56	1,97	78
Sjetvospremač	136	10,08	3,12	6,96	70
Prskalica	238	15,62	1,03	14,59	93
Rasipač	272	18,62	4,1	14,52	78
Kosilice	60	4,31	0,97	3,36	78
<b>Ukupno</b>	<b>842</b>	<b>59,73</b>	<b>12,37</b>	<b>47,36</b>	<b>80</b>

Prema tablici 7. na OPG-u Mitrović za proizvodnju svih kultura ukupna obrađena površina pri ručnom upravljanju iznosi 901,73 ha pri čemu površina preklopa iznosi 59,73 ha. Korištenjem automatskog upravljanja pogonskim strojem, s preciznošću od 5 cm, ukupna površina preklopa iznosi 12,37 ha što rezultira s ukupno obrađenom površinom od 854,37 ha. Razlika između ova dva načina upravljanja rezultira sa smanjenjem površine preklopa za 47,36 ha, odnosno površina preklopa pri automatskom upravljanju je 80% manja. Ovaj rezultat karakterističan je za strojeve i proizvodne površine promatranog gospodarstva.

## 5. RASPRAVA

Prema eksploatacijskoj analizi traktorsko-strojnog agregata opremljenog GNSS uređajem rezultati ukazuju kako je ukupna obrađena površina pri korištenju navigacije i automatskog upravljanja s preciznosti signala od  $\pm 5$  cm za 80% manja u odnosu na obradu s ručnim upravljanjem. Kada bi preciznost signala iznosila  $\pm 15$  cm kako navodi proizvođač razlikovala bi se i površina preklopa. U tablici 8. prikazano je koliko bi smanjenje bilo s lošijom preciznosti.

Tablica 8. Smanjenje ukupne površine preklopa s preciznosti od  $\pm 15$  cm (Izvor: vlastita tablica)

Preciznost signala $\pm 15$ cm	Obradena površina [ha]	Površina preklopa [ha]			Smanjenje površine preklopa [%]
		Ručno upravljanje	Automatsko upravljanje	Razlika	
Tanjurača	110	8,57	5,55	3,02	35
Drljača	26	2,53	0,60	1,93	76
Sjetvospremač	136	10,08	3,09	6,99	70
Prskalica	238	15,62	2,73	12,89	83
Rasipač	272	18,62	4,08	14,54	78
Kosilice	60	4,31	2,07	2,24	52
<b>Ukupno</b>	<b>842</b>	<b>59,73</b>	<b>18,12</b>	<b>41,61</b>	<b>70</b>

Iz tablice 8. vidljivo je kako korištenjem automatskom upravljanja, s preciznošću od 15 cm, ukupna površina preklopa iznosi 18,12 ha. Razlika između automatskog upravljanja lošije preciznosti i ručnog upravljanja iznosi 41,61 ha, što je smanjenje od 70%.

Prema provedenom istraživanju Benetti i sur. (2019.) navode kako automatsko upravljanje može biti uspješno primijenjeno kako bi se omogućila kombinacija više operacija. Testovi u polju naglasili su kako automatsko upravljanje i kombinacija operacija može dovesti do povećanja učinkovitosti, smanjenjem radnog vremena do 51% (uključujući strojeve i radnu snagu) i do smanjenja troškova do 123 €/ha. Takvi rezultati mogu jamčiti povrat ulaganja u naprednu opremu za automatsko upravljanje, osobito u slučaju srednjih ili velikih gospodarstava, čija je ukupna obradiva površina veća od 10 ha.

Prema provedenom istraživanju Topcueri i Keskin (2019.) utvrdili su kako je prosječna vrijednost preklopa između prohoda bila najniža na poljima gdje su poljoprivrednici koristili automatsko upravljanje s RTK korekcijskim signalom za sve provedene operacije (obrada tla, sjetva i prskanje) i iznosila je  $7,5 \pm 1,7$  cm. Pri korištenju automatskog upravljanja samo za obradu tla vrijednosti preklopa iznose  $46,1 \pm 6,5$  cm, u ovom slučaju sjetva i prskanje provedeni su ručnim upravljanjem. Najveće vrijednosti preklopa pojavile su se pri obradi polja korištenjem ručnog upravljanja za sve tri operacije i tada su iznosile  $100,8 \pm 27,8$  cm.

U svom istraživanju Rodias i sur. (2017.) koristili su algoritamski pristup za simulaciju obavljenih terenskih operacija te su razvijeni optimizirani i neoptimizirani obrasci terenskog rada. Automatizirani navigacijski sustavi dokazali su potencijal za izvršenje optimiziranih planova za obavljanje terenskog rada. Prema istraživanju optimizirane rute smanjuju potrošnju goriva do 8%, potrošnju ugrađene energije do 7%, a ukupna potrošnja energije smanjila se 3-8%.

U istraživanju Wang i sur. (2018.) koristili su novu metodu koja se temelji na trodimenzionalnom koordinatnom sustavu unutar kojeg su definirani koncepti rada, radne trake i agrotehničke operacije. Kako bi se procijenila metoda, vrijeme čekanja između simulacije uspoređeno je sa slučajem iz stvarnog svijeta, a razvijen je i jedan prototipni sustav koji pokazuje praktičnost u polju. Simulacije su pokazale da koordinacija na terenu može skratiti vrijeme čekanja između dvije susjedne operacije. Vrijeme čekanja između dopunske obrade tla i sjetve može se skratiti s 4 sata na 6,3 min.

U svom istraživanju Vašek i Rataj (2013.) utvrdili su kako se pri ručnom upravljanju strojem javlja smanjenje radnog zahvata u rasponu 17-25%. Prosječni gubitak površine u tom slučaju iznosi 6,88%. Kod automatskog navođenja radni zahvat je 7,5% manji što rezultira gubitkom površine od 3,71%.

Prema istraživanju Scarfone i sur. (2021.) utvrđeno je da digitalna tehnologija smanjuje vrijeme rada, dajući poljoprivrednicima mogućnost sijanja dodatna 1,2 ha po danu te smanjuje troškova sjetve za 2,4%, što odgovara neto uštedi od 3,79 €/ha. Potrošnja goriva pri satelitskom navođenju bila je manja nego pri ručnom upravljanju, ali razlike nisu bile značajne za promatranu površinu.

U provedenom istraživanju Esau i sur. (2021.) navode kako su za berbu šumskih borovnica bolji pokazali signali SF1 ( $\pm 15$  cm) i SF3 ( $\pm 3$  cm) nego ručno upravljanje strojem. Međutim, niti jedan signal nije uspio postići stupanj preciznost koju oglašava proizvođač. Signal SF3 imao je bolju prosječnu preciznost od 22,7 mm u odnosu na SF1 signal. Pri ručnom upravljanju iskusnog rukovatelja razmaci između susjednih prolaza bili su znatno veći nego kod automatskog navođenja što je značajan rezultat za industriju kojoj nedostaje iskusnih rukovatelja. Ovaj rezultat služi u prilog ideji da u nedostatku kvalificiranih rukovatelja sustav automatskog upravljanja može pružiti značajnu podršku za nove rukovatelje. Također, sustav automatskog upravljanja može omogućiti bilo kojem rukovatelju da se posveti rukovanju kombajna i ispravnom punjenju spremnika. To može dovesti do veće kvalitete bobica i manje nečistoća.

## 6. ZAKLJUČAK

Precizna poljoprivreda može značajno olakšati rad poljoprivrednicima, omogućiti im da budu konkurentniji na tržištu, smanjiti troškove te pomoći u zaštiti okoliša. Uvođenjem precizne poljoprivrede svakoj biljci se pružaju optimalni uvjeti za rast i razvoj, a osim uštede repromaterijala, štedi se na radu strojeva i ljudi te na potrošnji energije.

Prema provedenoj eksploatacijskoj analizi može se zaključiti kako korištenje GNSS sustava u poljoprivredi donosi značajnu uštedu i pridonosi poboljšanju kvalitete rada. Veličina gospodarstva često diktira razinu ulaganja u tehnologiju, no razvojem tehnologije cijena iste se smanjuje te su i manja gospodarstva u mogućnosti nabaviti novu tehnologiju.

U provedenom istraživanju utvrđeno je kako je površina preklopa pri korištenju navigacijskog uređaja na traktorsko-strojnom agregatu smanjena za 80% u odnosu na agregat koji nije opremljen istim. Ovo smanjenje površine preklopa može utjecati na smanjenje potrošnje goriva, uštedu vremena rada te manju potrošnju repromaterijala u proizvodnji.

Na promatranom gospodarstvu korištenje GNSS sustava i automatskog upravljanja omogućuje uštedu u proizvodnji. Značajna prednost je i smanjenje površina preklopa u proizvodnji, što ujedno najviše i pridonosi smanjenju troškova repromaterijala i goriva. Na dalje, korištenjem automatskog upravljanja olakšava se rad rukovatelju, smanjuje se umor i povećava učinkovitost, pogotovo pri obavljanju radova noću.

Dodatno smanjenje troškova moguće je ostvariti prikupljanjem dodatnih podataka i analiziranjem tla te uvođenjem precizne zaštite usjeva i gnojidbe, odnosno kreiranjem karti gnojidbe ili korištenjem naprednih senzora.



## 7. POPIS LITERATURE

1. Benetti, M., Saltarin, F., Zanon. S., Zucal, M. (2019.): Single versus multiple horticultural operations with GNSS assisted steering, Sveučilište Padova, Italija
2. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
3. Crneković, M. (2015.): Automatsko vođenje traktora, strojeva i uređaja u sustavu GIS - precizna poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
4. Esau, T.J., MacEachern, C.B., Farooque, A.A., Zaman, Q.U. (2021.) Evaluation of Autosteer in Rough Terrain at Low Ground Speed for Commercial Wild Blueberry Harvesting. *Agronomy* 2021, 11, 384
5. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijski sustavi: GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
6. Rodias, E., Berruto, R., Busato, P., Bochtis, D., Sørensen, C.G., Zhou, K. (2017.): Energy Savings from Optimised In-Field Route Planning for Agricultural Machinery. *Sustainability* 2017, 9, 1956
7. Scarfone, A., Picchio, R., del Giudice, A., Latterini, F., Mattei, P., Santangelo, E., Assirelli, A. (2021.): Semi-Automatic Guidance vs. Manual Guidance in Agriculture: A Comparison of Work Performance in Wheat Sowing. *Electronics* 2021, 10, 825
8. Thompson, N., Bir, C., Widmar, D., Mintert, J. (2019.): Farmer perceptions of precision agriculture technology benefits. *Journal of Agricultural and Applied Economics*. 51, 1 (2019): 142–163
9. Topcueri, M., Keskin, M. (2019.): Effectiveness of GNSS-based tractor auto steering systems in crop spraying, Faculty of Agriculture Antakya-Hatay, Turkey
10. Vašek, M., Rataj V. (2013.): Effect of the satellite guidance system on the machine working width, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia
11. Wang J, Zhu Y. T., Chen Z. B., Yang L. L., Wu, C. C. (2018.): Auto-steering based precise coordination method for in-field multi-operation of farm machinery. *Int J Agric & Biol Eng.* 2018 11(5): 174–181.

12. URL1 - Što je precizna poljoprivreda i kako se provodi? 26.03.2016.  
<https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/sto-je-precizna-poljoprivreda-i-kako-se-provodi-830> (21.04.2021.)
13. URL2 - Globalni Navigacijski Satelitski Sustav  
<https://sites.google.com/site/satelitskanavigacija/> (22.04.2021.)
14. URL3 – Lapaine, M., Lapaine, M., Tutić, D. GPS za početnike.  
[http://www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpsoc/gpsoc.htm](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpsoc/gpsoc.htm)  
(22.04.2021.)
15. URL4 – Štefanek, E. Precizna poljoprivreda. 27.08.2014.  
[https://gospodarski.hr/rubrike/precizna-poljoprivreda/#.VMK7x9LF\\_\\_E](https://gospodarski.hr/rubrike/precizna-poljoprivreda/#.VMK7x9LF__E)  
(25.04.2021.)
16. URL5 - John Deere Rješenja za upravljanje u poljoprivredi (AMS). 03.2019.  
<https://www.deere.hr/assets/publications/index.html?id=61e37be3#1> (03.05.2021.)
17. URL6 – Bennett, T. What is RTK and why do i need it? 10.08.2020.  
<https://inertialsense.com/what-is-rtk-and-why-do-i-need-it/> (06.03.2021.)
18. URL7 - CROPOS-o sustavu <https://www.cropos.hr/o-sustavu> (06.03.2021.)

## 8. SAŽETAK

Razvojem tehnologije i uvođenjem GNSS tehnologije u poljoprivredi počela se razvijati precizna poljoprivreda koja omogućuje raznovrsne uštede u proizvodnji. Precizna poljoprivreda ne bi bila moguća bez upotrebe navigacije poljoprivrednih strojeva i GNSS-a, a sama preciznost ovisi o načinu pozicioniranja i korekcijskim signalima. Ovisno o potrebi sustav navođenja je moguće koristiti u obavljanju svih agrotehničkih operacija, dok će kvaliteta istih ovisiti o preciznosti korekcijskog signala. Tehnološkim napretkom nekada skupa investicija poput navigacijskog uređaja postala je dostupna manjim gospodarstvima i samim korištenjem navigacije moguće je ostvariti značajne uštede. Cilj ovog rada bio je utvrditi površinu preklopa pri određenim agrotehničkim zahvatima te utvrditi razliku preklopa pri korištenju GNSS-a i pri ručnom upravljanju. U radu je promatran John Deere sustav za automatsko upravljanje, koji prema navodima vlasnika, ima preciznost od  $\pm 5$  cm te je isti uspoređen s ručnim upravljanjem stroja. Postignuta preciznost signala bolja je od one navedene od strane proizvođača. Rezultat ukazuje na to da je površina preklopa pri automatskom upravljanju za 80% manja u odnosu na površinu preklopa pri ručnom upravljanju. Ovo smanjenje može utjecati na smanjenje ulaznih troškova repromaterijala i goriva na OPG-u Mitrović korištenjem navigacijskog uređaja i traktora s automatskim upravljanjem. Uz smanjenje troškova također navigacija i automatsko upravljanje osiguravaju bolje iskorištenje radnog vremena odnosno povećanje učinka s obzirom na to da se olakšava rad noću i smanjuje umor rukovatelja.

## 9. SUMMARY

With the development of technology and the introduction of GNSS technology in agriculture, precision agriculture began to develop, which enables various savings in production. Precision farming would not be possible without the use of agricultural machinery navigation and GNSS, and the precision itself depends on the way of positioning and correction signals. Depending on the need, the guidance system can be used in performing all agro-technical operations, while the quality of the same will depend on the accuracy of the correction signal. With technological advances, once expensive investments such as a navigation device have become available to smaller economies, and by using navigation itself, significant savings can be made. The aim of this work was to determine the area of overlap in certain agro-technical operations and to determine the difference between the overlap in the use of GNSS and in manual guidance. The paper observes the John Deere autosteering system, which according to the owner, has an accuracy of  $\pm 5$  cm and is compared with the manual guidance of the machine. The signal accuracy achieved is better than that specified by the manufacturer. The result indicates that the area of overlap in automatic guidance is 80% smaller than the area of overlap in manual guidance. This reduction can affect the reduction of input costs of production materials and fuel on the OPG Mitrović by using a navigation device and a tractor with automatic steering. In addition to reducing costs, navigation and automatic guidance also ensure better use of working time and increase performance, as it facilitates night work and reduces operator fatigue.

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Iskorištenje radnog zahvata pri ručnom upravljanju pogonskim strojem (Izvor: vlastita tablica)

Tablica 2. Iskorištenje radnog zahvata pri korištenju automatskog upravljanja pogonskim strojem (Izvor: vlastita tablica)

Tablica 3. Usporedba ukupnih površina preklopa pri obradi prosječne parcele (Izvor: vlastita tablica)

Tablica 4. Usporedba ukupnih površina preklopa u proizvodnji kukuruza (Izvor: vlastita tablica)

Tablica 5. Usporedba ukupnih površina preklopa u proizvodnji djetelinsko travnih smjesa (Izvor: vlastita tablica)

Tablica 6. Usporedba ukupnih površina preklopa u proizvodnji pšenice i ječma (Izvor: vlastita tablica)

Tablica 7. Površine preklopa u ukupnoj proizvodnji (Izvor: vlastita tablica)

Tablica 8. Površine preklopa pri preciznošću signala od  $\pm 15$  cm (Izvor: vlastita tablica)

## 11. POPIS SLIKA

- Slika 1. Prikaz prosječne parcele s mjernim oznakama (Izvor: Crneković, (2015.)
- Slika 2. Karta prinosa, (Izvor: <https://www.aspexit.com> )
- Slika 3. Skener tla, (Izvor: <https://fwi.co.uk>)
- Slika 4. On-land oranje, (Izvor: <https://i.ytimg.com/vi/6-dLT9Km0hU/hqdefault.jpg>)
- Slika 5. Karta gnojidbe, (Izvor: <https://ackerview.com>)
- Slika 6. Traktor sa senzorom dušika, (Izvor: <https://amazone.net>)
- Slika 7. Prskalica opremljena senzorima korova, (Izvor: <https://www.weedmart.org.au>)
- Slika 8. Konstelacija satelita, (Izvor: <https://www.researchgate.net> )
- Slika 9. Pozicioniranje pomoću 3 satelita, (Izvor: <https://www.kartografija.hr> )
- Slika 10. Princip rada diferencijalnog GNSS-a, (Izvor: <http://www.beacon-egypt.com/dgps.htm>)
- Slika 11. John Deere StarFire 6000 (Izvor: vlastita fotografija)
- Slika 12. Zaslون upravljčkog centra 4600 (Izvor: vlastita fotografija)
- Slika 13. Aplikacija profila alata (Izvor: vlastita fotografija)
- Slika 14. Zaslون s prikazom navođenja (Izvor: vlastita fotografija)
- Slika 15. Metode navođenja za ravnu putanju (Izvor: vlastita fotografija)
- Slika 16. Metode navođenja za zavojitu putanju (Izvor: vlastita fotografija)
- Slika 17. Metode navođenja za kružnu putanju (Izvor: vlastita fotografija)

**Eksploatacijska analiza rada traktorsko-strojnih agregata opremljenih navigacijskim uređajem**

**Marko Petričević**

**Sažetak:** Razvojem tehnologije i uvođenjem GNSS tehnologije u poljoprivredi počela se razvijati precizna poljoprivreda koja omogućuje raznovrsne uštede u proizvodnji. Precizna poljoprivreda ne bi bila moguća bez upotrebe navigacije poljoprivrednih strojeva i GNSS-a, a sama preciznost ovisi o načinu pozicioniranja i korekcijskim signalima. Ovisno o potrebi sustav navođenja je moguće koristiti u obavljanju svih agrotehničkih operacija, dok će kvaliteta istih ovisiti o preciznosti korekcijskog signala. Tehnološkim napretkom nekada skupa investicija poput navigacijskog uređaja postala je dostupna manjim gospodarstvima i samim korištenjem navigacije moguće je ostvariti značajne uštede. Cilj ovog rada bio je utvrditi površinu preklopa pri određenim agrotehničkim zahvatima te utvrditi razliku preklopa pri korištenju GNSS-a i pri ručnom upravljanju. U radu je promatran John Deere sustav za automatsko upravljanje, koji prema navodima vlasnika, ima preciznost od  $\pm 5$  cm te je isti uspoređen s ručnim upravljanjem stroja. Postignuta preciznost signala bolja je od one navedene od strane proizvođača. Rezultat ukazuje na to da je površina preklopa pri automatskom upravljanju za 80% manja u odnosu na površinu preklopa pri ručnom upravljanju. Ovo smanjenje može utjecati na smanjenje ulaznih troškova repromaterijala i goriva na OPG-u Mitrović korištenjem navigacijskog uređaja i traktora s automatskim upravljanjem. Uz smanjenje troškova također navigacija i automatsko upravljanje osiguravaju bolje iskorištenje radnog vremena odnosno povećanje učinka s obzirom na to da se olakšava rad noću i smanjuje umor rukovatelja.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak

**Broj stranica:** 74

**Broj grafikona i slika:** 17

**Broj tablica:** 8

**Broj literaturnih navoda:** 18

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** GNSS, precizna poljoprivreda, navigacija, upravljanje, radni zahvat, preklapanje

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. dr. sc. Željko Barač, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

---

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate Thesis**

**Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek**

**University Graduate study, course Mechanization**

**Exploitation analysis of the operation of tractor-machine units equipped with navigation device**

**Marko Petričević**

**Abstract:** With the development of technology and the introduction of GNSS technology in agriculture, precision agriculture began to develop, which enables various savings in production. Precision farming would not be possible without the use of agricultural machinery navigation and GNSS, and the precision itself depends on the way of positioning and correction signals. Depending on the need, the guidance system can be used in performing all agro-technical operations, while the quality of the same will depend on the accuracy of the correction signal. With technological advances, once expensive investments such as a navigation device have become available to smaller economies, and by using navigation itself, significant savings can be made. The aim of this work was to determine the area of overlap in certain agro-technical operations and to determine the difference between the overlap in the use of GNSS and in manual guidance. The paper observes the John Deere autosteering system, which according to the owner, has an accuracy of  $\pm 5$  cm and is compared with the manual guidance of the machine. The signal accuracy achieved is better than that specified by the manufacturer. The result indicates that the area of overlap in automatic guidance is 80% smaller than the area of overlap in manual guidance. This reduction can affect the reduction of input costs of production materials and fuel on the OPG Mitrović by using a navigation device and a tractor with automatic steering. In addition to reducing costs, navigation and automatic guidance also ensure better use of working time and increase performance, as it facilitates night work and reduces operator fatigue.

**Thesis performed at:** Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak

**Number of pages:** 74

**Number of figures:** 17

**Number of tables:** 8

**Number of references:** 18

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Keywords:** GNSS, precision, agriculture, navigation, guidance, working width, overlap

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, president
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. dr. sc. Željko Barač, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of agrobiotechnical sciences in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.