

Automatsko vođenje poljoprivrednih strojeva te gnojdba šećerne repe u sustavu precizne poljoprivrede

Stracenski, Stanislav

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:604459>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



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](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Stanislav Stracenski, apsolvant

Sveučilišni diplomski studij: Bilinogojstvo

Smjer: Biljna proizvodnja

AUTOMATSKO VOĐENJE POLJOPRIVREDNIH STROJEVA TE GNOJIDBA
ŠEĆERNE REPE U SUSTAVU PRECIZNE POLJOPRIVREDE

Diplomski rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Stanislav Stracenski, apsolvent

Sveučilišni diplomski studij: Bilinogojstvo

Smjer: Biljna proizvodnja

AUTOMATSKO VOĐENJE POLJOPRIVREDNIH STROJEVA TE GNOJIDBA
ŠEĆERNE REPE U SUSTAVU PRECIZNE POLJOPRIVREDE

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, mentor
3. doc. dr. sc. Boris Đurđević, član

Osijek, 2015.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Općenito o geografskim informacijskim sustavima.....	2
2.2. Precizna poljoprivreda.....	5
2.3. Automatsko vođenje poljoprivredne mehanizacije.....	9
2.3.1. Vođenje strojeva GPS-om.....	11
2.3.1.1. Preciznost navođenja.....	15
2.3.2. Vođenje strojeva senzorima – strojni vid.....	17
2.3.3. Primjena sustava za navođenje poljoprivredne mehanizacije.....	19
2.3.4. Budućnost sustava za navođenje poljoprivredne mehanizacije.....	21
2.4. Gnojidba u sustavu precizne poljoprivredne.....	22
2.5. Gnojidba šećerne repe u sustavu precizne poljoprivrede.....	23
2.5.1. Potrebe šećerne repe za hranivima.....	23
2.5.2. Konvencionalna gnojidba šećerne repe.....	25
2.5.3. Precizna gnojidba šećerne repe.....	26
3. MATERIJALI I METODE.....	28
3.1. Prikupljanje podataka o parceli.....	28
3.1.1. Skeniranje elektrovodljivosti tla.....	28
3.1.2. Uzimanje uzoraka tla.....	33
3.1.3. Analiza tla.....	36
3.1.4. Interpretacija analize tla i izrada karata hraniva za osnovnu gnojidbu.....	38
3.1.5. Precizna raspodjela gnojiva u osnovnoj gnojidbi.....	44
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	51
5. ZAKLJUČAK.....	57
6. POPIS LITERATURE.....	58
7. SAŽETAK.....	59
8. SUMMARY.....	60
9. POPIS TABLICA.....	61
10. POPIS SLIKA.....	62
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

Kako bi proizveli dovoljno hrane za brzorastuću populaciju Zemlje, potrebno je izgraditi održivi sustav poljoprivredne proizvodnje. Takav sustav podrazumijeva uvođenje „pametnih“ metoda i novih tehnologija proizvodnje. Ako se gleda poljoprivreda kao posao, a svrha svakog posla je stjecanje zarade, tada je jasno zašto poljoprivrednici prihvaćaju samo onu tehnologiju koja donosi profit. Za prihvaćanje novih tehnologija uz troškove investicije dakako je važna i lakoća instaliranja i upravljanja novim uređajima.

Precizna poljoprivreda je točno upravljanje varijacijama u polju kako bi se proizvelo više hrane koristeći manje resursa smanjujući pri tome troškove proizvodnje i uvažavajući sve važnije pitanje zaštite okoliša. U zadnjih 10 godina, precizna poljoprivreda je iz znanosti prešla u praksu pa je danas 70-80% nove poljoprivredne mehanizacije opremljeno nekom od komponenti precizne poljoprivrede. Također, paralelno sa razvojem opreme za strojeve, eksponencijalno raste i razvoj aplikacija za obradu prostornih podataka na računalima, pametnim telefonima, tabletima i dr.

Cilj ovog rada je prikazati komponente koje omogućuju automatsko navođenje strojeva te opisati postupke i agrotehnološke operacije u primjeni precizne poljoprivrede u gnojidbi šećerne repe. Prikazat će se koji su sve postupci potrebni za preciznu gnojidbu šećerne repe korištenjem software-a i hardware-a američke tvrtke Ag Leader. Također, cilj je dokazati opravdanost ulaganja u opremu za preciznu poljoprivredu kroz prikaz koristi koje ona donosi poljoprivredniku.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Općenito o geografskim informacijskim sustavima

Geografski informacijski sustavi (GIS) su jedni od najperspektivnijih informacijskih tehnologija današnjice. Njihova primjena se bazira na povezivanju tekstualnih, odnosno atributnih podataka s prostornim geometrijskim podacima na temelju čega se izvode potrebne analize. GIS je sustav za upravljanje prostornim podacima i svojstvima koja su njima pridružena. U najstrožem smislu to je računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. U općenitijem smislu GIS je oruđe "pametne karte" koje dopušta korisnicima stvaranje interaktivnih upitnika (istraživanja koja stvara korisnik), analiziranje prostornih informacija i uređivanje podataka.

Jurišić i Plaščak (2009.) su GIS opisali kao integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata i korisničke programske podrške, a u svrhu sakupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja.

GIS je u najužem smislu računalni alat za kreiranje i analiziranje geografskih objekata, odnosno pojava i događaja u prostoru. Tehnologija GIS-a integrira zajedničke operacije baze podataka, kao što su pretraživanja i statističke analize, s vizualnim geografskim analizama temeljene na kartografskim prikazima (Pahernik M., 2006).

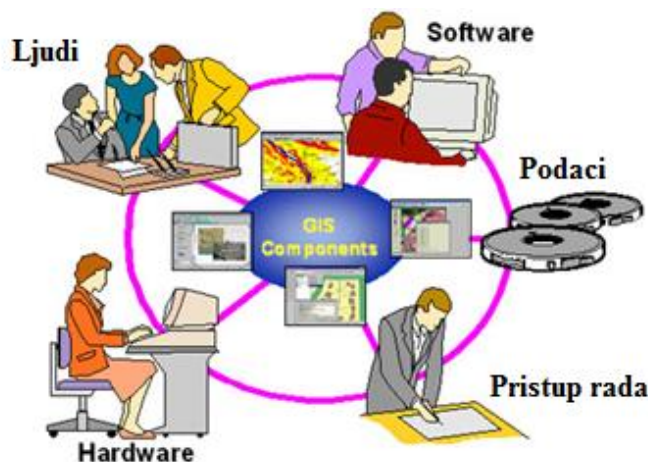
To je dakle „moderan alat“ koji modelira prostorne podatke i čija je svrha i prioritarna zadaća unapređivanje procesa donošenja odluka koje su u bilo kakvoj vezi s prostorom.

GIS čine slijedeće komponente (slika 1.):

- **hardware** (osobna računala, razni uređaji za prikupljanje podataka na terenu, uređaji za provedbu digitalizacije podataka, uređaji i mediji za spremanje podataka te uređaji za prikaz i ispis podataka);
- **software** (operativni sustavi za računala i namjenski programi – aplikacijski software za obradu karata, slika, teksta, zvuka, tablično računanje te obradu baze podataka);
- **podaci** (podaci o prostoru koji čine bazu podataka i digitalne karte koje čine vizualizacijsku komponentu GIS-a);
- **metode** (planovi i pravila poslovanja korisnika GIS-a specifičnih za različite oblasti primjene);

- **korisnici** (stručnjaci koji se bave izradom baza podataka, mjerenjima na terenu, digitalizacijom različitih vrsta podataka pa sve do onih korisnika koji izvršavaju svakodnevne poslove koristeći se GIS tehnologijom).

Svaka od navedenih komponenti je vrlo značajna, jer funkcioniranje GIS-a znatno ovisi o usklađenosti i kompatibilnosti svih navedenih čimbenika sustava.



Slika 1. Komponente GIS-a

(izvor: <http://www.polkcitymaps.org/GIS-Day.html>)

Uporabom GIS-a i prostornih podataka dolazi do boljeg upravljanja informacijama, kvalitetnijih analiza, te mogućnosti izrade scenarija i povećanja efikasnosti određenih projekata s ciljem stvaranja nove prostorne informacije koja je neophodna za donošenje pravilnih odluka.

Mnoge discipline mogu izvući korist iz GIS tehnika, jer aktivno GIS tržište smanjuje cijene i neprestano poboljšava hardware i software komponente GIS-a. Isto rezultira širom uporabom GIS tehnologije u znanosti, upravi, trgovini, industriji, javnom zdravstvu, nacionalnoj obrani, održivom razvoju, poljoprivredi te ostalim društvenim oblastima.

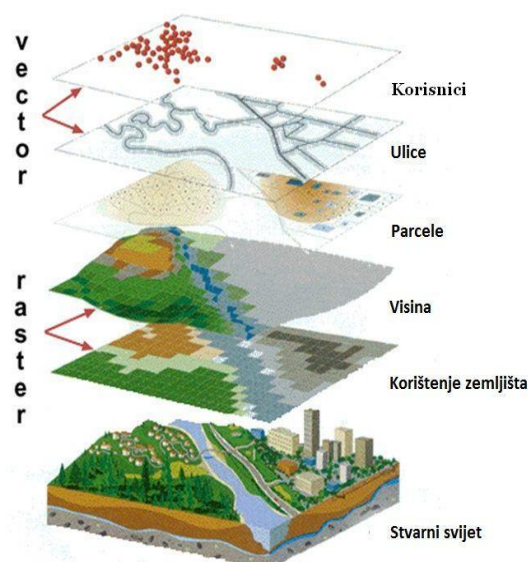
Dostupnost GIS podataka ovisi o jednostavnosti uporabe programa za GIS, razumijevanju problema kojeg treba riješiti, vremenskim rokovima, količini financijskih sredstava namijenjenih za neki projekt te educiranosti i stručnosti osoblja koje se primarno bave GIS-om. GIS tehnologija integrira uobičajene operacije s bazama podataka, kao što su pretraživanje, upiti ili statističke analize s jedinstvenim prednostima vizualizacije i prostorne analize koju donose karte. Ove mogućnosti izdvajaju GIS od ostalih informacijskih sustava i čine ga dragocjenim alatom za najrazličitije namjene i korisnike.

Zahvaljujući GIS sustavu svakomu se pruža prilika da u što kraćem roku dođe do potrebnih podataka, bez potrebe za traženjem neke lokacije na karti i mukotrpnim izdvajanjem dodatnih podataka na njoj radi analize. Tehnologija geografskog informacijskog sustava može se koristiti za znanstvena istraživanja, upravljanje resursima, imovinsko upravljanje, planiranje razvoja, kartografiju i planiranje puta (Jurišić i Plaščak, 2009.).

GIS podaci predstavljaju objekte u stvarnom svijetu (ceste, upotrebu zemljišta, visinu) pomoću digitalnih podataka. Objekti u stvarnom svijetu mogu se podijeliti u dvije apstrakcije: zasebni objekti (kuće) i neprekinuta polja (količina oborina ili visina). Za obje apstrakcije postoje dvije široke metode korištene u spremanju podataka u GIS-u: rasterska i vektorska metoda.

Tip rasterskih podataka sastoji se od redova i stupaca ćelija gdje se u svakoj ćeliji sprema pojedinačna vrijednost. Vrlo često su rasterski podaci slike (rasterske slike), ali uz samu boju, vrijednost zapisana za svaku ćeliju može biti zasebna vrijednost, poput zemljišne upotrebe (slika 2.), neprekinuta vrijednost, poput oborina, ili nikakva vrijednost ako nije dostupan nijedan podatak. Dok rasterska ćelija sprema pojedinačnu vrijednost, ona se može proširiti upotrebom rasterskih pruga za prikaz RGB (zelene, crvene i plave) boja, obojenih karata (kartiranje između tematskog koda i RGB vrijednosti) ili proširene atributne tablice s jednim redom za svaku jedinstvenu vrijednost ćelije. Razlučivost rasterskog skupa podataka je njegova širina ćelije u zemljišnim jedinicama. Na primjer, jedna ćelija rasterske slike predstavlja jedan metar na zemlji. Obično ćelije predstavljaju kvadratna područja zemlje, ali se mogu koristiti i ostali oblici.

Tip vektorskih podataka za prikaz objekata koristi geometriju poput točaka, linija (serije točkastih koordinata) ili poligona, također zvanih područjima (oblici omeđeni linijama). Primjeri uključuju granice posjeda za stambenu podjelu prikazane poligonima i položaje izvora prikazane točkama (slika 2.). Vektorska se obilježja mogu napraviti kako bi poštivala prostorni integritet kroz primjenu topoloških pravila poput onoga da se 'poligoni ne smiju preklapati'. Vektorski se podaci mogu također koristiti za prikaz neprekinuto varirajućih pojava.



Slika 2. Tematski slojevi pri izradi GIS-a

(izvor: <http://www.seos-project.eu/modules/agriculture>)

2.2. Precizna poljoprivreda

Pojam „precizna poljoprivreda“ (eng. *Precision agriculture* ili *Precision farming*) podrazumijeva pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova, visoku produktivnost, smanjen broj operacija te najnižu cijenu rada. Temelji se na novorazvijenim informatiziranim strojnim sustavima programiranog eksploatacijskog potencijala, malom broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim mogućnostima.

Razvoj precizne poljoprivrede započeo je uvođenjem GIS i GPS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji. Glavni cilj precizne poljoprivrede je dati na raspolaganje što veći broj preciznih informacija poljoprivredniku prilikom donošenja odluka.

Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, prije svega pri:

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

Za postizanje ovih ciljeva potrebna je opsežna obrada vrlo različitih informacija. Izravna usporedba višegodišnjih parametara dobivenih s parcela rezultira sve boljom upotrebom

sredstava za rad (pri čemu treba imati na umu ekološki utjecaj), čime će se povećati kvalitet i kvantitet proizvoda.

Korištenjem GIS sustava optimiziraju se inputi i definiraju outputi za zadovoljavanje potrošača u realnom vremenu. GIS tehnologija pomaže kod ujedinjavanja podataka za analizu i planiranje proizvodnje (slika 3.), kao i kartografski pregled i informativna izvješća o zemljištu i uzgajanoj kulturi.



Slika 3. Povezanost u preciznoj poljoprivredi

(Izvor: <http://www.europski-fondovi.eu/vijesti/precizna-poljoprivreda-prilika-za-poljoprivrednike-eu>)

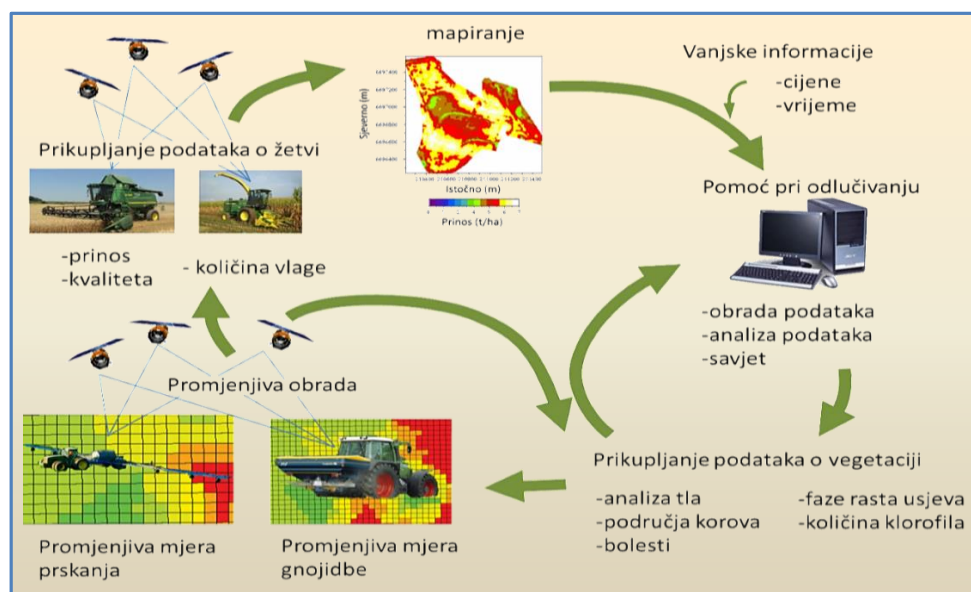
Precizna poljoprivreda obuhvaća prostorno upravljanje sredstvima i repromaterijalima poljoprivredne proizvodnje u cilju povećanja profita, prinosa i kvalitete proizvoda. Primjenjuje se sofisticirana oprema koja se ugrađuje u poljoprivredne strojeve prilikom obrade tla.

GPS-om se precizno određuje mjesto gdje se trenutno nalazi poljoprivredni stroj. Prikupljene informacije služe za određivanje položaja, kako bi se prilikom sjetve, raspodjele gnojiva ili aplikacije zaštitnih sredstava znalo kolika je potreba repromaterijala na točno određenom mjestu, a ne u prosjeku za cijelu površinu koja se obrađuje (preciznost).

Za precizno ratarstvo potrebne su točne karte s navedenim zemljišnim svojstvima, pri čemu klasične metode analize tla nisu od velike koristi. Grafičko organiziranje podataka o tlu najčešće se predstavlja zemljišnim kartama koje je moguće dobiti na više načina, uz geopozicioniranje u realnom vremenu uz pomoć satelita i GIS metoda (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, primjerice u uštedi radnih sredstava, uštedi strojeva i radnog vremena, smanjenju opterećenja okoliša i

ostalo. Za postizanje tih ciljeva potrebna je opsežna obrada različitih informacija. U prvom koraku se prikupljaju informacije. Podaci koji proizlaze iz promatranja jednog obilježja odmah se obrade. Ovdje se njihov informacijski sadržaj obradi prema saznanjima o uzgoju bilja. U trećem koraku dobiveni podaci se prenose. Mnogi strojevi nude moguće izravne dokumentacije provedenog postupka. Odgovarajuće korištenje informacija i vremenskih odnosa razlikuje principe precizne poljoprivrede (slika 4.).



Slika 4. Načela precizne poljoprivrede u prikupljanju podataka, obradi, primjeni
(Izvor: Šimatović, 2013)

Gospodarska korist i utjecaj na očuvanje okoliša u preciznoj poljoprivredi najviše se očituje u smanjenom korištenju vode, gnojiva, herbicida i pesticida. Umjesto upravljanja cijelim poljem temeljem nekog hipotetičkog, prosječnog uvjeta koji možda ne postoji nigdje na polju pristupom preciznog ratarstva prepoznaju se razlike specifične lokacije ili specifičnog mjesta na poljima. Poslovi upravljanja podešavaju se tada u skladu s takvim raznolikostima. Poznato je da u konvencionalnoj poljoprivredi pojedina polja na različitim dijelovima daju različite prinose. Te razlike mogu nastajati ovisno o načinu i radnjama upravljanja tlom, svojstvima i obilježjima tla i/ili obilježjima okoliša. Obilježja tla koja utječu na prinose uključuju sastav, strukturu, vlagu, organske tvari, sadržaj hranjivih tvari te položaj u krajoliku. Okolišna obilježja uključuju klimatske i vremenske uvjete, korove, insekte i bolesti biljaka. Na nekim poljima raznolikost unutar polja može biti znakovita.

Danas je teško održavati razinu poznavanja poljskih uvjeta zbog većih površina zemljišnih imanja i promjena na obrađivanim površinama zbog godišnjih promjena u

ugovorima o zakupu ratarskog zemljišta. Precizna poljoprivreda pruža mogućnosti automatskog i pojednostavljenog prikupljanja i analiziranja podataka. Omogućava donošenje upravljačkih odluka i njihovu brzu provedbu po malim površinama unutar većih polja. Rasporedom novčanih troškova u svezi sa specijaliziranom opremom na više korištenog zemljišta, te korištenjem vještina i znanja stručnjaka mogu se smanjiti troškovi, a povećati učinkovitost radova precizne poljoprivrede. Uobičajene usluge, koje pružatelji usluga precizne poljoprivrede najčešće pružaju jesu intenzivno uzorkovanje tla, izrade karata, te primjene promjenjivih količina gnojiva i materijala za kalcizaciju. Potrebna oprema za ove radove uključuje vozilo opremljeno GPS prijamnikom i poljskim računalom za uzorkovanje tla, računalo sa software-om za izradu mapa te uređaj za aplikaciju gnojiva i materijala za kalcizaciju u promjenjivim količinama. Nabava ovakve opreme te uvježbavanje potrebnih vještina jest znakovit prethodni trošak, koji može biti zapreka mnogim ratarima. Pružatelji poljoprivrednih usluga moraju prepoznati grupu opredijeljenih korisnika usluga da bi se opravdalo kupovanje opreme i osigurali djelatnici koji bi obavljali takve usluge.

Odluke glede upravljanja temelje se na zahtjevima svake površine ili zone i pribori precizne poljoprivrede (primjerice GPS/GIS) koriste se za kontrolu ili upravljanje prinosima s dane površine ili zone. Tome nasuprot, tradicionalni ratarski postupci ili metode koriste pristup "cijelog polja" gdje se polje tretira i obrađuje kao homogena površina. Odluke se temelje na prosjecima polja i u tradicionalnom ratarstvu inputi se primjenjuju jednoobrazno, uniformno po cijelom polju.

2.3. Automatsko vođenje poljoprivredne mehanizacije

U posljednjih desetak godina proizvođači programskih aplikacija i uređaja za preciznu poljoprivredu, nezavisno su razvijali svoja rješenja, pa se dogodilo da svaki proizvođač ima kontrolere koji mogu raditi samo s nekim priključcima samo neke zahvate. Najčešće su protokoli za razmjenu podataka između kontrolera na stroju i terminala s procesorom na traktoru bili kompatibilni, ali vrlo često uz primjenu nekih međuelemenata koji su trebali uskladiti podatkovne zapise. To je praktično značilo da se skoro svaki stroj koji ima neke senzore ili uređaje koji kontroliraju radni proces može upravljati s nekog kompjuterskog terminala na traktoru, ali je to prilično komplicirano povezati da radi bez poteškoća. Radi toga su svi proizvođači priključnih strojeva ili virtualnih terminala radije predlagali poljoprivrednicima korištenje vlastitih upravljačkih terminala, koje su međusobno povezivali,

ili su samo snimali prikupljene podatke. Konačan rezultat je bio taj da su kabine u inače raskošnim traktorima postale premale za sve monitore koji su se istovremeno ugrađivali u traktore. Naravno svaki monitor (koji je zapravo bio neka vrsta industrijskog kompjutera) nije bio nimalo jeftin, pa je i konačna cijena precizne poljoprivrede bila mnogima previsoka. To je jedan od razloga da je precizna poljoprivreda razvijenija u zemljama gdje su poljoprivrednici bogati, pa si mogu priuštiti skupu opremu. Velik broj monitora u traktorima, hrpe kablova i problema oko povezivanja priključnih strojeva, traktora i kontrolnih terminala natjerala je udruženje europskih inženjera da se dogovore oko korištenja standardnog komunikacijskog protokola ISO 11783 koji se komercijalno zove ISOBUS. To je standard koji specificira mrežu serijskih podataka za komunikaciju poljoprivrednih i šumarskih traktora i priključaka. Od 2009. godine, kad je ovaj standard prihvatila većina europskih proizvođača poljoprivrednih strojeva, do danas svi značajniji proizvođači se oslanjaju na ovaj standard ili su s njim kompatibilni. (Štefanek E., 2014.)

Sustavi koji su razvijani za automatsko navođenje poljoprivrednih strojeva su bili ograničeni za specijalne namjene zato jer nije postojao univerzalni senzorski sustav. Danas su satelitski pozicijski sustavi i senzori za mehanički vid univerzalna okosnica precizne poljoprivrede. Poljoprivredna mehanizacija je visoko specijalizirana za poljoprivrednu proizvodnju. Glavni zadatak rukovatelja takvog stroja je upravljanje, nadgledanje i kontrola radne operacije koju stroj izvodi. Ideja o oslobađanju rukovatelja stroja od upravljanja strojem kako bi se mogao posvetiti samo nadzoru radne operacije pojavila se još 70-ih godina 20. st. kada su mnogi inženjeri osmišljavali i testirali razna rješenja tog problema. Njihova rješenja nisu polučila veći komercijalni uspjeh pa se isto pitanje opet pojavilo kasnih 80-ih godina. Tada se uz senzorski pristup, odnosno strojni vid, počelo koristiti i satelitsko pozicioniranje kao moguće rješenje.

Prema Jahmsu (1983.), zahtjevi prema univerzalnom sustavu za automatsko navođenje poljoprivrednih strojeva se mogu sažeti u slijedeće:

- upotrebljivi za sve operacije u polju širom svijeta
- pogodni za svu poljoprivrednu mehanizaciju
- bez specijalnih priprema, procedura i instalacija na polju
- lagani za rukovanje („user friendly“)
- bez glomaznih i zahtjevnih konstrukcija koje priječe zajedničko korištenje
- razuman omjer cijene i performansi
- preciznost navođenja sa centimetarskim odstupanjem
- pogodno za vožnju brzinom do 20 km/h

Princip rada sustava za navođenje koji su danas u uporabi možemo opisati na slijedeći način. Kontroler vođenja, na osnovu položaja vozila u odnosu na željeni položaj, generira odgovarajuće upravljačke komande. Upravljački sustav vozila je kombinacija hidrauličkih i/ili elektronskih komponenti, koji postavlja upravljačke kotače u odgovarajući položaj. Sustav vođenja određuje aktualni položaj vozila, uspoređuje ga sa željenim položajem i izvršava odgovarajuće upravljanje kako bi se vozilo postavilo u željeni položaj.

Sustavi vođenja poljoprivrednih strojeva mogu se svrstati u tri skupine:

- pomoć pri vođenju
- automatsko vođenje
- autonomni sustav vođenja.

Sustav pomoći pri vođenju je sustav koji rukovatelju pokazuje samo informacije o vođenju. Automatski i autonomni sustavi vođenja projektiraju se tako da se podešavanje mehanizma upravljanja odvija bez vozača. Praćenje putanje za poljoprivredne priključne strojeve puno je teže nego kod vozila pa sustavi navođenja poljoprivrednih priključaka imaju poseban značaj.

Upravljački sustavi za vozila ili priključne strojeve obično sadrže najmanje sljedeća tri sklopa:

- osjetnik (senzor) koji snabdijeva sustav informacijom o promjeni položaja vozila ili priključnog stroja
- kontroler koji opskrbljuje sustav posebnim korekcijskim signalom
- aktuator koji, kombiniran s upravljačkim mehanizmom, mijenja položaj vozila ili priključnog stroja.

Kao dodatak pozicioniranju tj. navođenju strojeva putem GPS-a, precizna poljoprivreda zahtijeva računalni program za upravljanje tlo i usjevima. Takav program naziva se GIS i pomoću njega je moguće isprogramirati određene operacije na točno određenom mjestu. U programu se odrađuje planiranje putanje stroja i radne sekvence. Ta naredba se sprema na USB prijenosni spremnik ili čip karticu putem kojih se prenosi u pogonski stroj. U vozilu se naredba prenosi na BUS koji istovremeno upravlja strojem i prikazuje informacije o naredbi rukovatelju stroja na monitoru za nadzor. Informacije i podaci izmijenjeni između pomoćnih sredstava i autonomne jedinice za navođenje preko poljoprivrednog BUS-a obuhvaćaju dugoročne podatke i podatke u realnom vremenu.

Dugoročni podaci se prenose samo jednom na početku operacije u polju, a to su podaci o navođenju, uključujući karakteristike pogonskog i priključnog stroja, geopodatke o polju kao što su granice polja, trajne prepreke i sl. Podaci u realnom vremenu odnose se na podatke o poziciji sa GNSS (globalni navigacijski satelitski sustav), brzini kretanja i naredbe rukovatelja. Podaci o zadanom kutu upravljanja, zadanoj kontroli kretanja i podaci s informacijama za rukovatelja i za spremanje za protokol rada se kontinuirano šalju na BUS (Jahms G., 1983.).

2.3.1. Vođenje strojeva GPS-om

Automatsko upravljanje traktorima uz pomoć GPS-a moguće je pomoću dvije vrste upravljačkih sustava. Prvi je sustav za pomoć pri upravljanju bez povezanosti sa hidraulikom traktora. On omogućava poboljšanje preciznosti prohoda traktora i smanjenjuje umor vozača. Predstavnik takvog sustava je *OnTrack3*, proizvod tvrtke Ag Leader. Njega karakterizira jednostavna i brza instalacija (“Lock-n’-Roll” instalacija) što omogućava lakše prebacivanje iz jednog trakora u drugi (slika 5.).



Slika 5. Instalacija sustava Ag Leader OnTrack3 (tzv. “Lock-n’-Roll” instalacija)

(izvor: <http://www.agleader.com/products/guidance-steering/ontrac3/>)

Kalibracija i uštímanje je jednostavno izvedivo putem sustava autokalibracije. U odnosu na sustave za upravljanje koji se baziraju na trenju s volanom, kod njega je samim konceptom eliminirano iskliznuće. Njegova mehanička pogonska jedinica omogućuje veći okretni moment za povećanje snage i brže upravljanje i tihi rad. Devet-osne kompenzacijske komponente terena omogućuju prilagođavanje neravnom terenu, prolazak kroz vodene jarke i preko terasa na parceli. Sustav također posjeduje interni kompas koji pomaže mirnom upravljanju. Lako se spaja na neki od monitora za nadzor kao što su *Integra*, *Versa* ili *Compass* te se preko njih pokreće i gasi.



Slika 6. Sustav za pomoć pri upravljanju Ag Leader OnTrack3

(izvor: <http://www.agleader.com/products/guidance-steering/ontrack3/>)

Drugi sustav za upravljanje je automatski upravljački sustav koji se sastoji od GPS antene i hidrauličkog bloka za upravljanje traktorom. Najnapredniji takav sustav tvrtke Ag Leader je *ParaDyme* (slika 7.) koji ima patentirani model s dvije antene i omogućava upravljanje s preciznošću od 2 do 4 cm uz korištenje RTK korekcije preko CROPOS mreže. Uz hidraulički blok za upravljanje traktorom ugrađuju se i ventili za sprečavanje okretanja upravljača tijekom vožnje u uključenom modu autopilota te sustav sadrži pripadajuće crijevo i modul upravljanja. Sustav koristi *Logic7D* tehnologiju koja precizno mjeri nagib i neravnine terena te omogućava stalno održavanje razmaka između staza, na uvratinama i pri krivudanju, s neusporedivom preciznošću i taj je uzorak u stanju ponavljati. Sustav podržava uobičajene i napredne obrasce navođenja uključujući i *SmarthPath* (slika 8.). *SmartPath* uzorak zahtijeva prolazak kroz parcelu kako bi se uspostavio uzorak za navođenje prema kojem se traktor navodi pri idućim operacijama na istoj parceli.

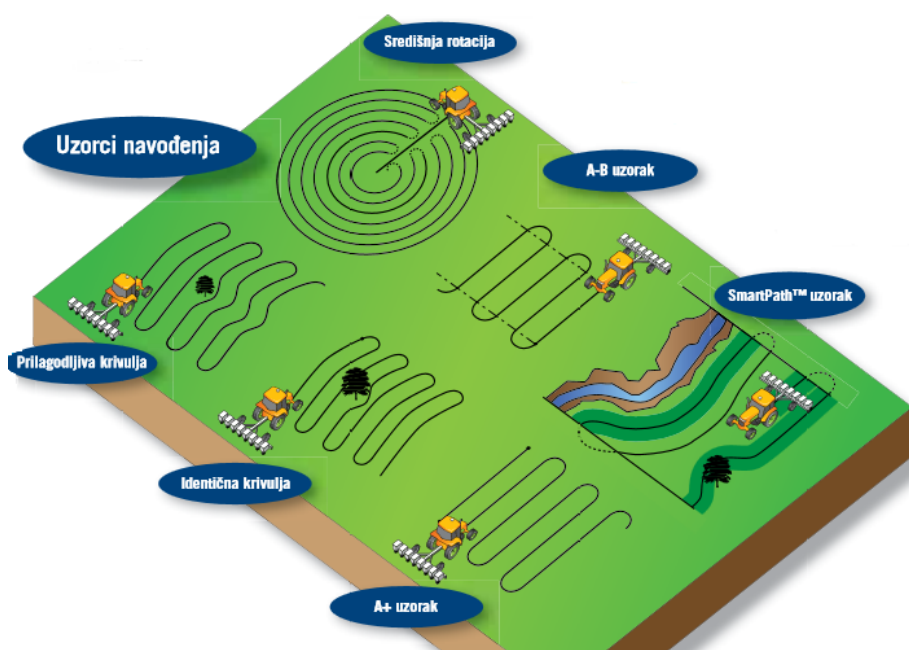
Neke od prednosti *ParaDyme* sustava su (izvor: Ag Leader PN 4002139 Rev G):

- intuitivne operacije
- mjerljiva GPS točnost koja pokriva Sjevernu Ameriku, Australiju i Europu; lokalna korekcija bez smetnji (zbog ponavljanja)
- lokalna korekcija s izvorom korekcije na 900 MHz, 450 MHz i mobilna veza
- dizajniran za veću mogućnost preciznog upravljanja
- izvrsno opremljen, pruža kvalitetan izbornik za precizno navođenje

- pouzdan; dvostrana komunikacija za dijagnostiku i nadogradnju softvera putem modema ili USB memorije
- daje mogućnost praćenja vozila za vrijeme rada antene, te prikaz na karti



Slika 7. Paradyne sustav tvrtke Ag Leader (izvor: <http://www.agleader.com/products/guidance-steering/paradyne/>)



Slika 8. Uzorci navođenja

(izvor: www.findri.hr/agleader/download/AgLeaderCat2012_web.pdf)

2.3.1.1. Preciznost navođenja

Sustavi razvijeni za automatsko upravljanje poljoprivrednim strojevima ranije su bili ograničeni samo za posebne aplikacije budući da nije bio osiguran niti jedan univerzalni senzorski sustav. Pretpostavka za precizno ratarenje je mogućnost definiranja položaja neke

točke u prostoru. To se postiže GPS-om (eng. global positioning system) ili u grubom prijevodu globalnim pozicijskim sustavom. Pomoću skupina satelita i odgovarajućih GPS prijemnika danas je moguće odrediti trodimenzionalne koordinate neke točke u prostoru. Preciznost i točnost definiranja koordinate točke u prostoru usko je povezana s osjetljivošću i cijenom opreme koja se koristi. Hrvatska se nalazi na geografskim širinama koje su dobro pokrivene signalima koje emitiraju sateliti, pa je prema tome i mogućnost preciznog pozicioniranja više nego zadovoljavajuća. Ipak za određenu primjenu potrebno je imati veću ili manju točnost navigacijskog sustava. Za obavljanje različitih poljoprivrednih poslova dovoljna je točnost kao što je prikazano na slici 9.

Operacija	Potrebna točnost, cm
Identifikacija parcele	1000-2000
Uzimanje uzoraka tla	100-300
Lociranje korova	100-300
Tehnologija kontrolirane primjene pesticida	50-100
Distribucija mineralnih hranjiva	50-100
Kontrolirana distribucija mineralnih hranjiva	30-50
Praćenje prinosa	50-100
Obrada tla (tanjuranje, predsjetvena priprema)	10 - 30
Ubiranje usjeva	2 - 10
Sjetva, međuredna kultivacija, izrada gredica	2-10

Slika 9. Potrebna točnost za obavljanje poljoprivrednih operacija

(izvor: <http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/>)

Točnost navigacije upotrebom autonomnih prijemnika koji rade samo sa signalima emitiranim od satelita je 2-5 m i nisu prikladni za rad u poljoprivredi, osim za grubu identifikaciju parcela. Budući da je za većinu poslova potrebna veća točnost, nužno je koristiti neki od korekturnih instrumenata.

Dva su osnovna pojma točnosti navigacije:

1. Apsolutna točnost i
2. Relativna točnost

Apsolutna točnost manje je interesantna u poljoprivredi, a predstavlja maksimalno odstupanje pri definiranju položaja neke točke kad se mjerenje ponavlja nakon jednog dana, jednog mjeseca ili jedne godine.

Relativna točnost odnosi se na maksimalno odstupanje kad se mjerenje ili prijem signala od satelita uzima u vremenu kraćem od 15 min. U poljoprivredi se to najčešće naziva prolaz do prolaza, jer se dva susjedna prolaza strojem najčešće i obave u vremenu od 15 minuta. Za naše područje koriste se besplatni korekturni podaci EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ili OMNISTAR koji se plaća. Relativna točnost uz primjenu ovih korekcija može ići od 10 do 25 cm, a apsolutna točnost je 1 do 2 m. Kad se jednom može precizno definirati položaj stroja, biljke ili predmeta, tad je ispunjen prvi uvjet za precizno gospodarenje (Štefanek E.,2014.).

Za izračunavanje položaja stroja u realnom vremenu, tj. za točnost potrebnu u primjeni kod sjetve, sadnje, kultivacije, topografskog mapiranja i drugih vrlo preciznih poslova, pogodan je *Real Time Kinematics* (RTK) DGPS. To je sustav koji koristi stacionarnu baznu stanicu za korekciju satelitskog signala. Na taj način se eliminiraju pogreške zbog atmosferskih pomaka i ovaj sustav daje najveću točnost definiranja položaja vozila koje ima GPS. Točnost pozicioniranja s ovim sustavom je ± 1 cm.

Upravljački sustav za poljoprivredne strojeve koristi digitalnu mapu koja sadrži sve koordinate potrebne za opis određene staze za stroj u polju, osjetnik da izmjeri stvarni položaj stroja, komparator da izračuna grešku položaja, kontroler da proizvede korekcijski signal i aktuator postavljen između traktora i stroja da vrati stroj na željeni pravac gibanja. Sustav upravljanja treba se izvesti kao otvoreni modularni sustav.

Korekcijski signal pruža CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav). To je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske. Svrha sustava CROPOS je omogućiti određivanje položaja u realnom vremenu s točnošću od 2 cm u horizontalnom te 4 cm u vertikalnom smislu na čitavom području države. CROPOS sustav čini 30 referentnih GNSS stanica 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 su dostupni korisnicima na terenu putem mobilnog Interneta (GPRS/GSM).

2.3.2. Vođenje strojeva senzorima - strojni vid

Strojni vid polazi od činjenice da se čovjek pri upravljanju strojem najviše pouzda u vizualnu percepciju prirode. To je razlog zašto je strojni vid razvijen do najviših standarda i još uvijek se ubrzano razvija. Procesiranje nekolicine slika u realnom vremenu je veliko postignuće inženjera. Uspješni poljski pokusi uporabe strojnog vida zabilježeni su još 80-ih

godina 20. st. kako bi se opravdala visoka cijena senzora za strojni vid uloženi su znatni naponi da se on iskoristi za što više radnih operacija i zapažanja tijekom izvođenja istih (Jahns G.,1983.).

Sustavi vođenja strojeva koji nalaze informacije za vođenje od postojećih redova usjeva ključni su za točno upravljanje strojem. Istraživane su brojne tehnike obrade slika za nalaženje pravca vođenja iz slika redova usjeva. Glavni cilj razvoja takvih sustava je razvoj procedure obrade slika koja bi bila primjenjiva za vođenje traktora na osnovu strojnog vida u realnom vremenu s odgovarajućom točnošću. Tehnologija strojnog vida može se iskoristi za automatsko vođenje stroja kada je struktura redova usjeva jasno prepoznatljiva u polju. Veliki broj usjeva sije se širokoredno, tako da su znatni naponi učinjeni prema razvoju sustava za prepoznavanje reda, koji omogućuju točno praćenje reda biljaka. Za otkrivanje reda biljaka obično se koriste kamere s infracrvenim filterom. Dobivena digitalna slika obrađuje se tako da se red biljaka može približno predstaviti kao linija, a korovi kao šum (poremećaj). Tipične aplikacije uključuju vođenje traktora kod međuredne kultivacije ili vođenje kombajna kod ubiranja. Osjetnik vođenja, tj. kamera je lokalni osjetnik zato što može biti određen samo relativni položaj stroja u odnosu na red usjeva. Vođenje strojnim vidom ima prednosti kod korištenja lokalnih karakteristika za fino podešavanje navigacijskog smjera stroja. Veliki broj istraživanja odnosi se na primjenu različitih tipova kamera, pri čemu se dobivene slike obrađuju, filtriraju i modificiraju kako bi se sačuvale samo bitne informacije. Koristi se nekoliko algoritama za obradu informacija sa slika baziranih na intenzitetu boja, teksturama ili morfologiji. Biljke koje se okopavaju, siju se u redovima, pa se problem uništavanja korova svodi na uništavanje korova između redova i uništavanje korova u redu. Uništavanje korova između redova zahtijeva samo prepoznavanje redova biljaka, dok uništavanje korova u redu zahtijeva prepoznavanje pojedinih biljaka među korovom, što je znatno teži zadatak. Univerzalnost i prilagodljivost strojnog vida, njegov ubrzani razvoj kojeg prati smanjenje cijene, čini takav sustav iznimnim sredstvom za navođenje poljoprivrednih strojeva.



Slika 10. Korištenje strojnog vida u kultivaciji kukuruza

(izvor: vlastiti izvor)

Na slici 10. je prikazana kultivacija kukuruza sa kultivatorom Kongskilde Vibrocrop Intelli koji koristi stereo kameru za prepoznavanje redova biljaka. Kultivator je montiran na okvir koji se hidraulikom može pomicati lijevo-desno tako da je navođenje kultivatora neovisno o kretanju traktora. Odstupanje od idealne putanje je $\pm 2,5$ cm i ne povećava se niti pri većim brzinama. Motičice se mogu namjestiti da rade vrlo blizu redova biljaka. Također se smanjuje umor traktoriste jer ne mora gledati iza sebe već sve prati na monitoru (slika 11.) u kabini.



Slika 11. Monitor za nadzor kultivatora
(vlastiti izvor)



Slika 12. Podešavanje parametara kamere na monitoru
(vlastiti izvor)

Prije kultivacije potrebno je podesiti parametre na kameri kako bi znala prepoznati redove biljaka od međuredova. U postavke se upisuju širina međurednog razmaka te visina i širina biljaka u redu (slika 12.).

2.3.3. Primjena sustava za navođenje poljoprivredne mehanizacije

Renomirani proizvođači poljoprivrednih strojeva nude rješenja u sustavu precizne poljoprivrede sa svojim GPS uređajima koji se mogu lako montirati na njihove strojeve, a i na strojeve drugih proizvođača. Odlika takvih uređaja je njihovo lagano rukovanje i lagana montaža na strojeve. Većina uređaja omogućava iskorištavanje dobrobiti navođenja jednostavnom uporabom. U paketu se dobije jednostavan, ekonomičan sustav za pomoć pri upravljanju. LED lampice govore da li je stroj na pravcu ili nije. Jednostavno je skretati lijevo ili desno na temelju toga koje lampice svijetle. Podešavanje i korištenje je jednostavno, a potrebno je odrediti pravac kretanja i širinu prohoda. Olakšava se kretanje poljoprivrednog stroja po parceli i u lošijim uvjetima preglednosti (magla ili noć).

Paralelno praćenje prohoda je rješenje ručnog navođenja. Poboljšava učinkovitost, štedi vrijeme, zaštitna sredstva i gnojivo. Omogućava rad na krivudavim i ravnim linijama većim radnim brzinama u polju, pa čak i pri smanjenoj vidljivosti. Olakšano je upravljanje priključcima širokog zahvata, lako održavanje zadanog pravca kretanja i ponovni ulazak u pravac nakon okretanja ili skretanja. Manje preklapanja znači manje kretanja preko polja, manje sabijanja tla, manje utrošenog vremena, rada i ulaznih troškova. Izbjegavanje preklapanja je naročito bitno pri zaštiti kultura koje su izrazito neotporne na povećane koncentracije herbicida, te dvostruke sjetve pojedinih ratarskih kultura. Krajnja dobit je više hektara dnevno, čak i u uvjetima slabe vidljivosti.

Osim olakšanog upravljanja poljoprivrednim strojem i jednostavnijeg određivanja širine zahvata, sustavi za praćenje širine zahvata smanjuju fizički napor pri upravljanju strojem. Uporabom sustava za automatsko navođenje poljoprivrednim strojem, okretanje na uvratini obavlja sam stroj bez potrebe upravljanja rukovatelja poljoprivrednim strojem. Takav način upravljanja olakšava upravljanja, a samim time i određuje optimalnu putanju na kraju. Pri tome podiže i spušta priključne strojeve na najpogodnijoj poziciji i pri svakom izlasku i ulasku u istome pravcu.

Ovo je naročito važno u radu poljoprivrednih strojeva koji su agregatirani s priključcima, s prednje i sa stražnje strane. Upravljanje takvim strojevima naročito je teško pri određivanju pravog trenutka za spuštanje i podizanje takvog priključka, ali upotrebom sustava taj posao više nije problem jer to sustav odrađuje umjesto rukovatelja. Sustav za održavanje priključnog stroja na pravcu kretanja održava pravac kretanja stroja bez obzira na položaj traktora i bez obzira po kakvom se terenu kreće. Sustav sprječava otklizavanje, održava priključne strojeve na tragu, izbjegava preskakanja i preklapanja koji utječu na kvalitetu rada.

Sustav postavljen na priključni stroj javlja točan položaj sustavu za automatsko upravljanje traktora. Traktor potom mijenja svoj pravac kretanja kako bi kompenzirao otklizavanje priključnog stroja i savršeno ga vodio od prohoda do prohoda.

Kombinacijom nekoliko sustava u automatskoj navigaciji, odnosno uporabom autopilota u kombinaciji sa senzorima te mehaničkim senzorima redova, eliminira se ograničenja svakog pojedinačnog sustava pri žetvi okopavina. Osigurava se produktivnost i preciznost u svim uvjetima rada: porednutim kulturama, krivudavim redovima i parcelama nepravilnog oblika te automatsko navođenje pri ulasku u redove.

Dokazano je da se može postići velika ušteda na troškovima sustava s prskalicama (kontrolirana sekcija krila prskalice). Cijene zaštitnih sredstava se povećavaju iz godine u godinu, a iznimno velike uštede moguće je ostvariti i u sjetvi ili prihrani. Želi se postići najveća razina točnosti pri prskanju, sjetvi ili raspodjeli mineralnih gnojiva. Takve uštede je moguće postići sustavima za kontrolu sekcija koji automatski minimalizira preskakanja i preklapanja zahvaljujući naprednoj tehnologiji kontrole sekcija. Prednosti uporabe takvih sustava su: smanjenje troškova na zaštitnim sredstvima, olakšano upravljanje s priključnim strojem, minimiziranje nepotrebnog preklapanja, osiguranje visoke preciznosti, ušteda vremena i davanje potrebnih podataka o svim aktivnim sastojcima te o količini utrošenog sredstva i vode. Preklapanje i oštećivanje usjeva uslijed pretjeranog prskanja može se izbjeći smanjenjem troškova prskanja i povećanjem učinkovitosti. Uvratine se prskaju zadnje jer su time stroj i oprema manje izloženi koroziji do koje dolazi uslijed prelaska preko već tretirane površine na kojoj su agresivna zaštitna sredstva. Isto tako se jednostavno i točno zadovoljava poštivanje tampon zone i zakonskih propisa o aktivnim sastojcima. Pri raspodjeli gnojiva osigurava se preciznija raspodjela i sprječava nepotrebno zagađivanje okoliša povećanim koncentracijama dušičnih gnojiva.

Prilikom prskanja, sjetve ili raspodjele mineralnih gnojiva, apliciranje promjenjivom količinom usklađuje količinu apliciranja uvjetima na polju, kako se kreće preko parcele, a sve na temelju karata koje su unaprijed izrađene pomoću software-a za izradu karata. Sustavi također snimaju podatke o primjeni aplikacija na svakoj pojedinoj parceli, koji se poslije koriste za podršku i kao osnova pri planiranju za iduću sezonu.

2.3.4. Budućnost sustava za navođenje poljoprivredne mehanizacije

Iako su satelitski pozicijski sustavi dovoljno precizni i jeftini, treba napomenuti da su to „slijepi sustavi“ koji ne mogu detektirati biljku. Postavlja se pitanje jesu li oni sami

dovoljni za precizno upravljanje poljoprivrednom mehanizacijom pri svim operacijama u polju. Biljke posijane na jednoj lokaciji nikada neće u potpunosti izrasti na mjestu gdje su posijane. Drugi problem je brzina ažuriranja lokacije preko satelitskih pozicijskih sustava, koja iznosi nekoliko stotina milisekundi. Posljedica toga je da je pozicijski signal dostupan na nekoj udaljenosti od stvarne pozicije stroja, pogotovo ako se stroj kreće većom brzinom.

Prednost sustava temeljenog na strojnom vidu je da on gleda unaprijed i orijentira se prema stvarnoj situaciji, dakle detektira sve prepreke u realnom vremenu. Iz svega toga možemo zaključiti da je najbolji i najuporabljiviji sustav za automatsko vođenje poljoprivredne mehanizacije koji bi se mogao koristiti pri svim operacijama u polju sustav koji koristi strojni vid potpomognut satelitskim pozicioniranjem. U takvom sustavu, GPS bi služio kao sustav za potporu i pružao bi apsolutno pozicioniranje dok bi strojni vid služio relativnom pozicioniranju. Ova dva sredstva za upravljanje se savršeno nadopunjavaju unatoč tome što su bazirani na različitim konceptima (Jahns G.,1983.). Optička sredstva mogu izvući crte razgraničenja iz strukturnih elemenata obrađenih polja tako da priprema i podešavanje sustava na polju postaju nepotrebni. Mnoge od tih strukturnih elemenata moguće je zapaziti RGB ili IR tehnologijom dok je mehaničke i geometrijske značajke teško otkriti ili ne postoje uopće. Osim toga, strojni vid pruža brojne informacije o stanju tla i usjeva, štetočinama, bolestima i korovima u usjevu. U budućnosti se očekuje značajno snižavanje cijena ovakvih sustava zbog mnogostruke uporabe van poljoprivrede koje proizvođačima takvih sustava šire tržište pa oni ulažu znatne napore i sredstva u istraživanje i razvoj na tom polju.

Slični argumenti se mogu koristiti i za satelitske pozicijske sustave. Oni su već naveliko u uporabi u poljoprivrednoj proizvodnji i za očekivati je da će biti sve veći broj novih korisnika što će dovesti do još bržeg razvoja uz značajno povoljniji omjer uloženog i dobivenog.

2.4. Gnojidba u sustavu precizne poljoprivrede

Gnojidba je jedan od važnih čimbenika u poljoprivrednoj proizvodnji, jer kvalitetna gnojidba osigurava i stabilne prinose. Neadekvatna gnojidba ima za posljedicu prekomjernu upotrebu mineralnih gnojiva na poljoprivrednoj parceli i to na mjestima gdje nije potrebno gnojiti, a na mjestima gdje je potrebna gnojidba zbog klasičnog sustava gnojidbe, dolazi do deficita određenoga hraniva.

Racionalna, ekonomski isplativa primarna organska proizvodnja podrazumijeva primjenu gnojiva u količinama koje odgovaraju potrebama i stanju biljaka (usjeva, povrća,

nasada), plodnosti tla, profitabilnosti rada i uloženi sredstava te istovremeno vodi računa o vremenskim uvjetima, okolišu i prinosu. Kvaliteta ili „zdravlje“ tla je njegovo najvažnije svojstvo kojeg određuju brojni biološki, klimatski i zemljišni činitelji, a isti utječu na visinu prinosa i njegovu kakvoću. Bez adekvatne gnojidbe nema visokih i stabilnih prinosa, potrebite kvalitete proizvoda, niti profitabilnosti pa se gnojidba opravdano smatra najvažnijom agrotehničkom mjerom u primarnoj organskoj produkciji.

Za krajnje konzumente kvaliteta tla znači obilnu, zdravu i jeftinu hranu za postojeće i buduće generacije. Nakon što se donese odluka o primjeni precizne poljoprivrede i smanjenju troškova proizvodnje hrane uz ekološki utjecaj na prirodu i okoliš, prioritetna zadaća koja se nameće je provedba analize tla. Time se dobivaju korisne informacije o značajkama i najboljim svojstvima tla za proizvodnju te koliko se repromaterijala treba uložiti kako bi isto dalo najbolje rezultate.

Rast, razvitak i tvorbu prinosa uz dobru kvalitetu hrane osigurava tlo kao supstrat biljne ishrane i izvor većine od 16 neophodnih elemenata. To je vrlo kompleksan sustav koji čine kruta, tekuća, plinovita i živa faza od kojih svaka utječe na raspoloživost biljnih hranjiva. Uz to, tlo nije nipošto nepresušan resurs i ne osigurava prirodnim procesima dovoljnu količinu hranjiva za visoke prinose pa je potrebno gnojidbom vratiti urodom iznesene elemente ili na drugi način nadoknaditi izgubljena hranjiva za ishranu bilja (kemijska, biološka, fizička fiksacija, ispiranje, denitrifikacija i dr.). Prema tome, bez vraćanja elemenata ishrane u tlo, odnosno gnojidbe, tlo siromaši i prinos pada. Precizan proračun iznošenja i unošenja hraniva u tlo, praćenje visine prinosa i redovite analize tla mogu pomoći u planiranju i proračunu potrebne gnojidbe.

Preporuka gnojidbe mora imati za podlogu fizikalno-kemijske podatke analize tla, a izračun potrebne doze mora uvažavati profitabilnost, planirani, odnosno realno mogući prinos, specifične potrebe biljne vrste i potencijal plodnosti tla. Svaka improvizacija, uključujući subjektivnu vizualnu procjenu, najčešće rezultira smanjivanjem prinosa i kvalitete usjeva, odnosno zarade. U rješavanju ove problematike može se očekivati brz napredak samo uz primjenu računalne tehnologije, korištenjem interpretacijskih baza podataka o svim relevantnim svojstvima tla te bilanciranjem hraniva ovisno o različitim agrološkim uvjetima proizvodnje.

2.5. Gnojidba šećerne repe u sustavu precizne poljoprivrede

2.5.1. Potrebe šećerne repe za hranivom

Za visok prinos korijena šećerne repe i njegovu tehnološku kakvoću pravilna mineralna ishrana je od iznimne važnosti. Šećerna repa je po produkciji organske tvari po jedinici površine u samom vrhu ratarskih usjeva što podrazumijeva i akumulaciju velike količine hraniva. Previsoki prinos korijena i dobra tehnološka kvaliteta u većini slučajeva se isključuju što je uglavnom posljedica odnosa hranjivih elemenata koje biljka usvaja. Iz toga proizlazi da je za ishranu šećerne repe važniji međusobni odnos hranjivih elemenata nego apsolutna raspoloživa količina hraniva. (Vukadinović, 2011.)

Dušik je hranjivi element kojem se u gnojidbi šećerne repe poklanja najveća pozornost jer jedinica aktivne tvari dušika djeluje nekoliko puta više na povećanje prinosa i sadržaj šećera u odnosu na djelovanje fosfora ili kalija. Problem je što je sklon ispiranju te se ne zadržava dugo u tlu pa ga često ima premalo ili previše na raspolaganju. Zbog toga je važno u proljeće pred sjetvu utvrditi rezidualni mineralni dušik u tlu („N-min metoda“). Za šećernu repu povoljniji je nitratni oblik dušika kojeg akumulira i zatim reducira, zavisno o potrebi rasta i razvitka lista i korijena. Dušik u amonijskom obliku se jednako dobro usvaja, ali se pri njegovoj ugradnji u organske tvari troši već nakupljeni šećer. Amonijski dušik inhibira sintezu saharoze iz čega proizlazi obrnuta proporcionalnost sadržaja saharoze i topljivih dušičnih spojeva. Prekomjerna količina niskomolekularnog dušika u korijenu šećerne repe utječe na prekomjeren rast lišća i glave i to često pred kraj vegetacije uz intenzivno obnavljanje reducirane lisne mase koja je oštećena štetnicima, bolestima i sušom. Ta pojava (tzv. retrovegetacija) troši rezerve saharoze iz korijena i smanjuje digestiju. Visoke doze dušika u korijenu nakon njegova vađenja smanjuju sposobnost čuvanja korijena do prerade, pojačavaju njegovo disanje i sklonost bolestima te uzrokuju lošija fizikalna svojstva i nižu efikasnost ekstrakcije šećera uz povećanu potrošnju energije u preradi. Dakle, visoke doze dušika nesrazmjerno povećavaju količinu lišća i glava prema korijenu, što uz neminovni pad sadržaja šećera u korijenu ne opravdava takvu gnojidbu pa i onda kada se ostvari veća količina biološkog šećera (prinos korijena x sadržaj saharoze u njemu) jer se financijski ne isplati.

Sljedeći element po važnosti u ishrani šećerne repe je kalij. Pri gnojidbi kalijem treba paziti na omjer N : K jer povećanjem doze dušika raste usvajanje kalija uz pad tehnološke kvalitete korijena. Suvišak dušika može se kompenzirati samo povećanom gnojidbom kalijem. Pristupačnost kalija ovisi o oborinama jer je pri većoj vlažnosti veća količina

pristupačnog kalija. Kalij utječe na porast biljke i na količinu šećera. Važan je zbog reguliranja protoka vode kroz biljku i održavanja njene jedrosti. Dobro opskrbljene biljke kalijem otpornije su na nepovoljne vanjske utjecaje: sušu, niske temperature i bolesti. Višak kalija se rijetko može zapaziti i on ne utječe na prinos ali se kvaliteta korijena smanjuje (više štetnih nešećera). Višak može uzrokovati i pojavu nedostataka kalcija, magnezija, bora, cinka i mangana. Kod manjka kalija mijenja se boja rubova starijeg lišća koje poprima brončano smeđu boju a kod izrazitog nedostatka i na peteljka nastaju prugaste smeđe nekroze. Manjak kalija uzrokuje i kratkoću korijena, smanjenje broja korjenovih dlačica i osjetljivost na bolesti. Nedostatak kalija se može zapaziti na lakim i pjeskovitim tlima.

Fosfor ima znatno manji utjecaj na tehnološku kvalitetu šećerne repe pa se u gnojidbi njemu poklanja najmanja pozornost, premda je za ukupni prinos šećera itekako važan. On izgrađuje stanice od kojih se sastoji biljno tkivo i utječe na odvijanje svih životnih funkcija u biljci. Pošto ima vrlo veliku ulogu u izgradnji korijena, fosfor je posebno bitan u početku vegetacije. Nedostatak fosfora uzrokuje sporiji i slabiji razvoj biljke (manji prinos), te sporije i slabije nakupljanje šećera (manji sadržaj šećera). Nedostatak fosfora se očituje u usporenom rastu listova. Kod starijih biljaka listovi dobivaju crvenkastu do ljubičastu boju, a kod korijena se formira veliki broj sekundarnih korjenova. Ovi se simptomi javljaju najčešće na kiselim ili alkalnim tlima kada fosfor postaje slabo pristupačan biljkama.

Važno je naglasiti da pretjerana kalcifikacija također može dovesti do slabijeg usvajanja fosfora (I. Rešić, 2014.).

Za proizvodnju visokih prinosa dobre kvalitete korijena šećerne repe tlo treba biti dobro opskrbljeno borom i magnezijem, jer ih šećerna repa usvaja više nego ostale kulture. Dobro opskrbljenim tlom se smatra tlo koje sadrži 300-500 g/ha B i 60-80 kg/ha Mg. Pri nedostatku bora nastaju morfološke anatomske i fiziološke promjene na biljkama šećerne repe. Takve biljke ostaju nerazvijene, izumiru začeci najmlađih listova, dok na glavi i unutrašnjoj strani peteljke nastaju pukotine. Korijen repe ostaje nerazvijen, a sadržaj šećera u njemu smanjen. Nedostatak magnezija u tlu također uzrokuje smanjenje prinosa i kvalitete korijena. Magnezij je potreban za promet energije i rezervnih tvari te ulazi u sastav molekule klorofila. Zbog toga se prvi simptomi nedostatka magnezija pokazuju u obliku ograničenih žutih područja na rubovima listova srednje dobi, koje se šire između žila i na kraju lišće postaje nekrotične.

2.5.2. Konvencionalna gnojidba šećerne repe

Šećerna repa preferira duboka strukturna tla, neutralne do slabo alkalne reakcije. Za jednu tonu prinosa korijena repe zahtijeva 3-6 kg N (prosječno 4,5), 1,5-2 kg P₂O₅ (prosječno 1,75) i 4-6 kg K₂O (prosječno 5).

Tablica 1. Potrebne količine hraniva za odgovarajući prinos šećerne repe
(izvor: <http://www.gnojidba.info/gnojidba-secerne-repe/gnojidba-secerne-repe-osnovni-podaci/>)

Prinos korijena t/ha	N	P₂O₅	K₂O
	3,00 kg/t	1,75 kg/t	4,00 kg/t
	Gnojidba NPK kg/ha		
50	150	87,5	200
55	165	96,3	220
60	180	105	240
65	195	113,8	260
70	210	122,5	280
75	225	131,3	300
80	240	140	320

Budući da je efikasnost korištenja fosfora iz gnojiva mala, za izračun potrebnog P₂O₅ uzeta je prosječna vrijednost, dok kalij i dušik imaju bolju efikasnost pa je za izračun uzeta najniža vrijednost potrebe tih hraniva po toni prinosa.

Kalij i fosfor se moraju u cijelosti unijeti u tlo u jesen pod zimsku brazdu jer moraju biti uz korijen šećerne repe, na dubini 30-45 cm. Ta dva hraniva imaju malu mobilnost u tlu pa moraju biti ravnomjerno raspoređeni. Dušik se u jesen pod zimsku brazdu na tlima srednje teksture daje u količini ½ od ukupne i to u amidnom obliku (UREA N 46%). U proljeće je potrebno dodati preostalu količinu dušika isključivo u nitratnom obliku (KAN N 27%, MgO 4,8%), najbolje u dva navrata, predsjetveno i prihranom. Prethodno je potrebno N-min metodom utvrditi raspoloživu količinu mineralnog dušika u tlu.

2.5.3. Precizna gnojdba šećerne repe

Da bi se izvršila pravilna gnojdba neophodno je poznavati karakteristike i sadržaj već prisutnog hranjiva u tlu. Isto tako treba poznavati i neke fizikalno-kemijske karakteristike tla koje utječu na rast i razvoj šećerne repe.

Šećerna repa je kultura koja je izuzetno osjetljiva na dinamiku i količinu usvajanja hraniva i postizanje najviših rezultata proizvodnje šećera po hektaru je nemoguće bez analize tla i precizne preporuke. Procjena sposobnosti tla da ponudi određenu količinu dušika, pored dugotrajne i skupe laboratorijske procedure, još uvijek ne daje pouzdane vrijednosti, pa se kombinira s Nmin metodom kojom se utvrđuje ostavljeni mineralni dušik u tlu.

Nepravilna gnojdba fosforom i kalijem u proizvodnji šećerne repe danas je još uvijek dosta prisutna što ograničava proizvodnju i zadržava je na nižoj razini. Do toga dolazi zbog pogrešnog izjednačavanja gnojdbе na velikom prostoru, zbog nepoznavanja stanja zaliha hraniva u tlu ili njihovog zanemarivanja, a djelom i zbog nedostatka određenih formulacija ili pojedinačnih gnojiva na tržištu.

Kristek A. (2009.) u projektu Prostorna distribucija gnojdbе šećerne repe primjenom GIS –a utvrdio je da se razina opskrbljenosti tla s fosforom i kalijem ne može povezati ni s tipom tla niti proizvodnim područjem, a nekada je vrlo različita i na jednoj tabli. Nadalje na jednom djelu površina susrećemo nizak sadržaj fosfora ili kalija u tlu, uz visok sadržaj drugog elementa, dakle kalija ili fosfora. Zbog takvih, a i sličnih slučajeva, potrebna je upotreba gnojiva s jednim hranivom, čega na žalost danas u praksi nema ili ima vrlo malo. Zbog upotrebe, uglavnom na svim površinama, gnojiva s najvećim sadržajem kalija, pa i na tlima bogatim kalijem, a siromašno fosforom, dolazi u tlu do još veće razlike između ova dva elementa. Zbog takve gnojdbе tla se i dalje pogoršavaju čime ograničavamo i poskupljujemo proizvodnja umjesto da tla popravljamo, a proizvodnju pojeftinjujemo.

Za potrebu opisa i usporedbe precizne i konvencionalne osnovne gnojdbе šećerne repe prikazat će se precizna gnojdba u PIK-u Vinkovci d.d., u proizvodnom bloku Retkovci 2013. godine.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Prikupljanje podataka o parceli

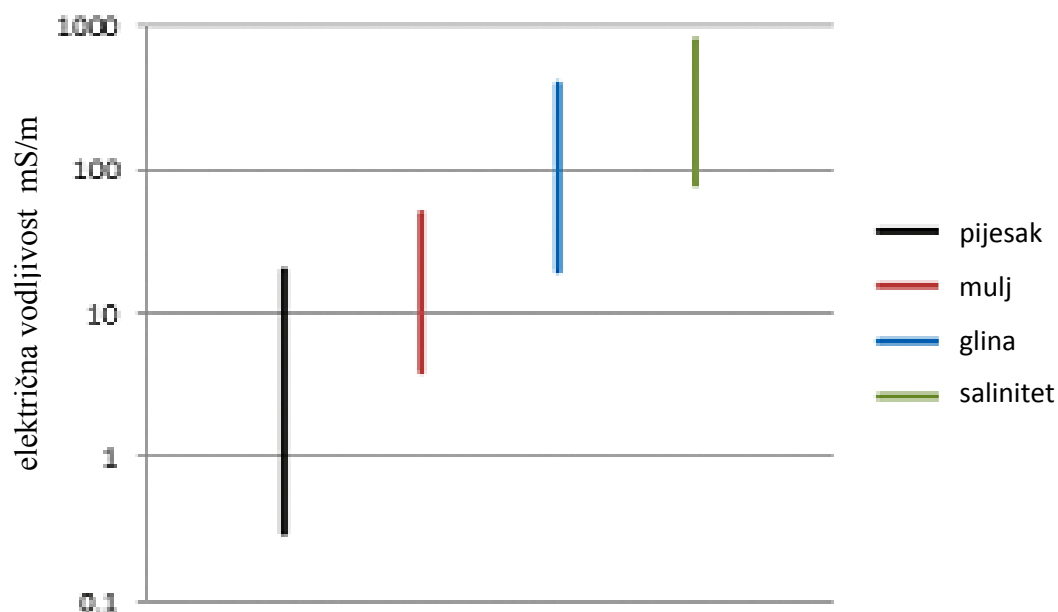
Nove tehnike omogućuju upravljanje parcelama, raspoloživost hraniva i očekivanog prinosa. Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima primjerice u uštedi radnih sredstava, uštedi strojeva i radnog vremena, poboljšanju ostvarenja dobiti kroz veće prinose i poboljšanju kvalitete proizvoda, te u smanjenju opterećenja okoliša. Za postizanje ovih ciljeva potrebna je opsežna obrada vrlo različitih informacija. Mnoštvo i raznolikost informacija specifičnih za parcele nadilazi dosadašnje znanje koje se temelji na iskustvu poljoprivrednika.

Kod precizne poljoprivrede, u postupku upravljanja procesima informacije na kartama su od velikog praktičnog značaja. Prije upotrebe jedne karte kao osnove za upravljanje, potrebne su informacije o prostornoj podjeli značajnih svojstava pri uzgoju bilja. Od osnovnog su značaja informacije o raspodjeli hraniva i prinosa s parcele. Ove informacije bitno određuju ekonomski i ekološki uspjeh uzgoja bilja. Veliki značaj imaju i informacije koje prethode raspodjeli hraniva a to su rezultati kemijskih analiza, podaci o strukturi i teksturi tla, elektrovodljivosti tla, nivelacija terena i dr.

3.1.1. Skeniranje elektrovodljivosti tla

Električna vodljivost (elektrovodljivost) je sposobnost materijala da provodi električnu struju i obično se izražava u milisiemensu po metru (mS/m). Alternativno, mjerenje električne vodljivosti može se izraziti i u decisiemensu po metru (dS /m).

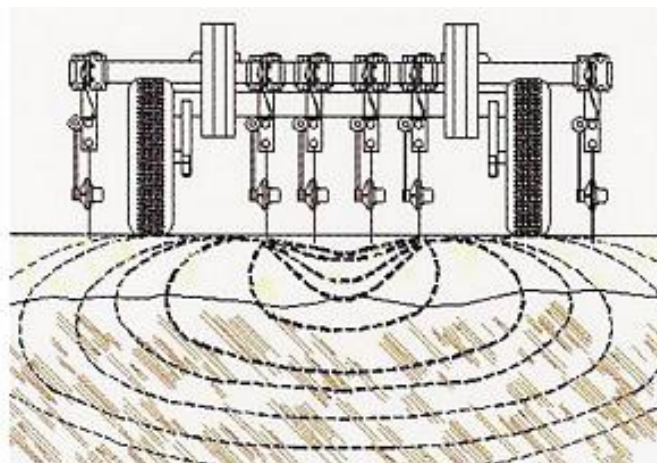
Električna vodljivost tla (eng. *soil electrical conductivity, EC*) je neizravna mjera koja vrlo dobro korelira s nekoliko fizičkih i kemijskih svojstva tla. Budući da različite vrste čestica koje čine tlo imaju različitu elektrovodljivost, pa tako npr. glina ima visoku elektrovodljivost a pijesak nisku (slika 13.), pomoću elektrovodljivosti tla otkrivamo teksturu i veličinu čestica tla. Elektrovodljivost nam otkriva tla sklona isušivanju, odnosno sklona prekomjernom zadržavanju vode. Također nam može ukazati na razlike u sadržaju organske tvari u tlu te kapacitet izmjene kationa u tlu.



Slika 13. Vrijednosti električne vodljivosti različitih tipova tla

(izvor: LSU AgCenter Pub. 3185 What Is Soil Electrical Conductivity?)

Postoje dvije vrste senzora za mjerenje elektrovodljivosti tla: kontakti i nekontakti senzori. Kontakti senzori (slika 14.) moraju doći u kontakt s tlom kako bi očitali elektrovodljivost. Obično se koriste dva do tri para crtala-elektroda koja ulaze u tlo svega nekoliko centimetara. Jedan par provodi električnu struju u tlo dok ostali mjere pad napona među njima i na taj način izračunavaju elektrovodljivost. Kontakti senzori obično mjere elektrovodljivost tla na dvije dubine: plitko (do 30 cm dubine) i duboko (do 91 cm dubine). Važno je povremeno provjeriti da su crtala-elektrode izolirane od metalnog okvira skenera te da su crtala-elektrode izolirane međusobno. U ovom radu, za određivanje elektrovodljivosti tla korišten je skener s kontaktnim senzorima Veris EC Surveyor 3150 (slika 16.).



Slika 14. Sustav mjerenja elektrovodljivosti tla kontaktnim senzorima

(izvor: LSU AgCenter Pub. 3185 What Is Soil Electrical Conductivity?)

Geo-referencirane mape elektrovodljivosti tla pokazuju teksturu i salinitet tla te služe za bolje određivanje mjesta uzorkovanja tla. Mapiranje se radi samo jednom, osim u slučajevima značajnijeg pomicanja zemlje (npr. ravanjanjem depresija na parceli).

Za dobre rezultate skeniranja elektrovodljivosti od velike važnosti je trenutna vlažnost tla koja bi trebala biti minimalno oko 10% iznad točke venuća. Ukoliko je vlažnost veća, očitavanja elektrovodljivosti će biti veća, ali će relativne vrijednosti između različitih vrsta čestica tla ostati konzistentne. U slučaju kiše za vrijeme skeniranja, odnosno značajno različitih stupnjeva vlažnosti na parceli te skeniranja navodnjavanih parcela, potrebno je napraviti odvojene zapise (mape) kako bi se podatci mogli kasnije normalizirati tj. ujednačiti.



Slika 15. Skeniranje elektrovodljivosti tla

(vlastiti izvor)



Slika 16. Skener elektrovodljivosti tla Veris EC Surveyor 3150

(vlastiti izvor)

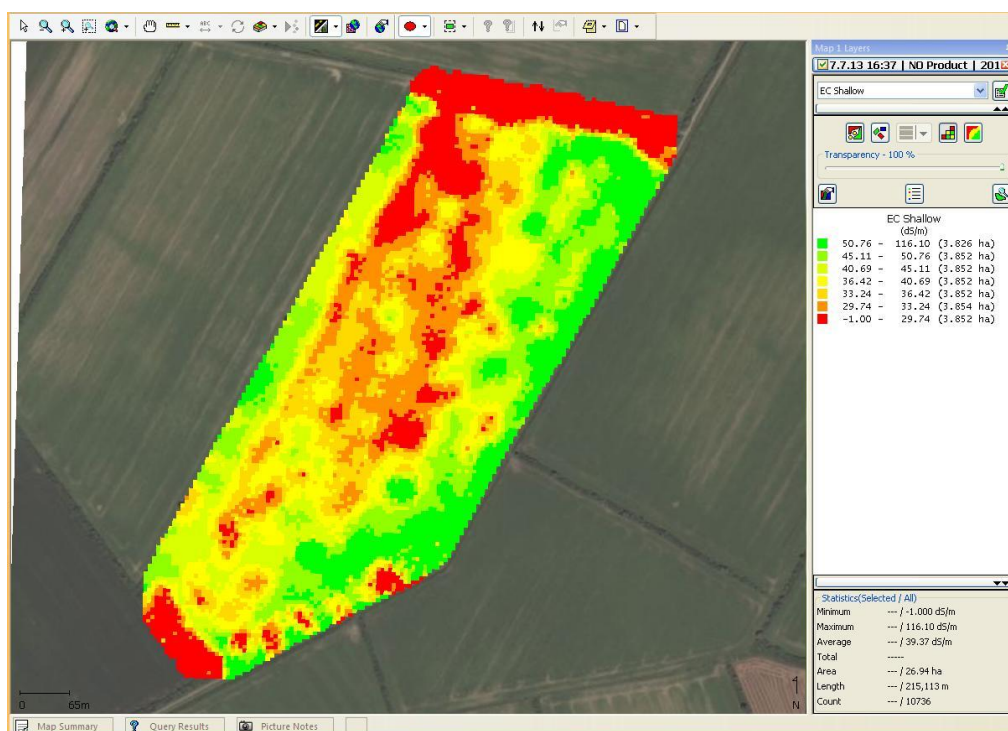


Slika 17. Oprema u traktoru potrebna za skeniranje elektrovodljivosti tla

(vlastiti izvor)

Prilikom rada sa skenerom *Veris EC Surveyor 3150* u traktoru je montirano prijenosno računalo *AgLeader Mesa* (slika 17.) sa pripadajućim *SMS Mobile softwareom*. Ono služi za identifikaciju parcele te prikupljanje podataka dobivenih od skenera u realnom vremenu. Na kraju rada se putem prijenosnog spremnika (USB stick) podaci prenose u *SMS Advanced software* na stolnom računalu na daljnju obradu. Prije interpolacije potrebno je pregledati „sirove“, neprocesirane zapise kako bi se uočila potencijalna kriva očitavanja uzrokovana ljudskim radom, npr. pomicanjem tla pri ravnanju depresija ili nanošenjem zemlje izmuljivanjem kanala i sl., budući da interpolacija može zamaskirati pogreške u očitavanju.

Mape elektrovodljivosti prikazuju se kao poligoni bez prekida, podijeljeni u razrede i prikazani u različitim bojama (slika 18.) Svrstavanjem vrijednosti elektrovodljivosti u razrede po načelu jednakih vrijednosti proizvoljno određujemo broj razreda. Općeniti uzorak teksture tla vidljiv je već s tri razreda i ne mijenja se značajno s povećavanjem broja razreda.



Slika 18. Mapa elektrovodljivosti tla na tabli R-T21a

(vlastiti izvor)

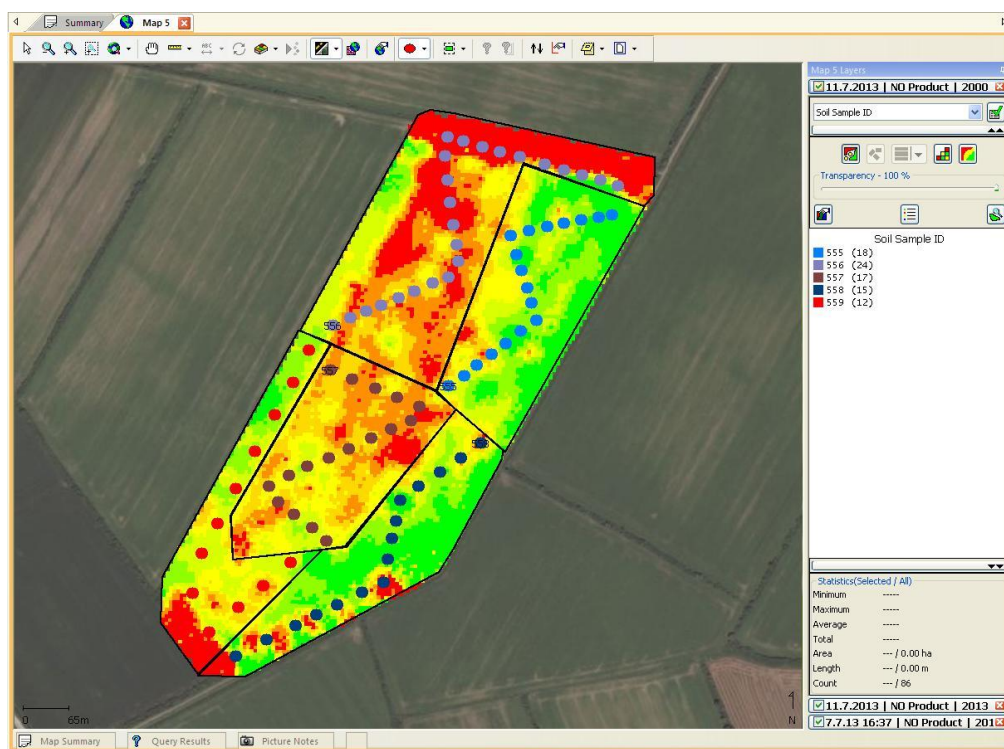
3.1.2 Uzimanje uzoraka tla

Analiza tla zasniva se na tome kako pojedini usjev reagira na gnojidbu sukladno količini raspoloživih hraniva u tlu pa dobra analiza tla između ostalog ovisi o dobrom reprezentativnom uzorku. Uzimanje reprezentativnih uzoraka tla je naročito osjetljiva faza analize tla. Uzorkovanje se mora temeljiti na poljskim varijacijama, topografiji parcele i tipu tla. Uzorci za usjeve uzimaju se do dubine 30 cm, trajne nasade 0-30 i 30-60 cm, a u zatvorenim prostorima (povrće) 0-15 cm. Prosječan uzorak čini oko 16 uboda sondom na površini od 5 ha, odnosno oko 1 kg nativnog tla. U uzorcima se utvrđuje:

- sadržaj hraniva u tlu
- identificira se manjak ili višak pojedinog hraniva
- procjenjuje se reakcija usjeva/nasada na dodana hraniva
- temelji se plan gnojidbe
- procjenjuje se trenutna plodnost, odnosno zdravlje tla.

Uzimanje uzoraka može biti na cijeloj parceli (dijagonalno, Z-shema, mreža) ili na kontrolnoj (reprezentativnoj i fiksno lociranoj) parcelici (tzv. *benchmark* uzorkovanje) kada se predviđa višekratno (višegodišnje) uzimanje uzoraka radi utvrđivanja trenda.

Za primjer postavljanja sheme i provođenja uzorkovanja uzeta je parcela PIK-a Vinkovci d.d. R-T21a koja se nalazi u k.o. Retkovci (slika 19.) Ista je uzorkovana u ljeto 2013. godine po „Z“ shemi. Određivanje poligona za pojedine uzorke napravljeno je na temelju mape prethodno skenirane elektrovodljivosti tla uređajem *Veris EC Surveyor 3150*, kako bi uzorci bili homogeniji. Prosječna veličina poligona iznosi 5 ha na kojima se radi 16 uboda sondom, odnosno 3,2 uboda po hektaru. Kako su poligoni sa sličnom teksturom tla na parceli nepravilni, poligoni su različite veličine (3-7 ha), pa je tako i broj uboda za pojedini uzorak različit, odnosno izračunava se matematički prema veličini poligona.



Slika 19. Plan uzorkovanja table R-T21a po „Z“ shemi na temelju elektrovodljivosti tla (vlastiti izvor)

Karta s ucrtanim točkama prenosi se s uredskog računala u *Ag Leader* ručno računalo (*Palm PC*) (slika 20.) s pripadajućim *SMS Mobile Software*-om koje na sebi ima GPS prijemnik te služi za navigaciju do pojedine točke. Nakon što se napravi ubod na točki, na ručnom računalu se označi da je ubod napravljen kako ne bi došlo do dupliranja uboda sondom. Nakon završetka uzorkovanja, podaci iz ručnog računala se ponovno prebacuju u

SMS Advanced software na uredskom računalu te se provjerava jesu li uzeti svi uzorci. Te točke također služe kao geokoordinate na koje će se vezati rezultati kemijskih analiza.



Slika 20. *Ag Leader* ručno računalo s montiranim GPS prijemnikom *Wintec G-Rays I*
(vlastiti izvor)



Slika 21. Uzimanje uzoraka tla sondom *Nietfeld Duoprob* montiranom na traktor Fendt412
(vlastiti izvor)



Slika 22. Priprema uzoraka tla za slanje u laboratorij na analizu
(vlastiti izvor)

Svaki uzorak mora biti označen nazivom firme, oznakom table i pripadajućim jedinstvenim brojem, radi lakše daljnje manipulacije u laboratoriju i povezivanjem dobivenih laboratorijskih rezultata na njega. Također, i kako bi se ponovno uzorkovanje nakon par godina radilo na istome mjestu i pod istim brojem. (slika 22.)

3.1.3. Analiza tla

Detaljna analiza tla obuhvaća niz parametara koji se upotrebljavaju radi smanjivanja rizika od mogućih pogreški koje mogu nastati prilikom gnojidbe. Određivanje optimalnog doziranja gnojiva, njegove vrste, vremena i načina primjene (gnojidbe) mora se temeljiti na znanstveno-stručnim spoznajama o raspoloživosti i odnosima hraniva u tlu, fiziološkim potrebama biljke, ekonomičnosti proizvodnje te intenzitetu i smjeru utjecaja pojedinog agroekološkog činitelja.

Pod analizom tla podrazumijevaju se postupci uzorkovanja tala, njihova laboratorijska analiza te interpretacija rezultata. Točnije rečeno, analiza tla je skup više različitih kemijskih postupaka pomoću kojih se utvrđuje kolika je važnost razine elemenata u tlu i koja su njihova kemijska, fizikalna i biološka svojstva značajna za ishranu bilja, odnosno njegovo zdravlje.

Cilj i svrha analize tla je:

- odrediti rang (granične vrijednosti, indeks) raspoloživosti hraniva ili potrebu njegovog unošenja,
- predvidjeti povećanje prinosa i profitabilnost gnojidbe,
- osigurati temelj za proračun potrebne gnojidbe pojedinog usjeva i
- procijeniti status (opskrbe) pojedinog hranjivog elementa i utvrditi plan nadoknade.

Zapravo, analiza tla počiva na konceptu kako usjev reagira na gnojidbu sukladno količini raspoloživih hraniva u tlu pa dobru analizu tla uvijek čine tri komponente:

- dobar, reprezentativni uzorak
- odgovarajuća laboratorijska metoda kojom se može najtočnije utvrditi sadržaj raspoloživog hraniva i
- višegodišnji eksperimentalni rad na utvrđivanju korelacije između rezultata analize tla i potrebne količine nekog hraniva za usjeve pod određenim agroekološkim uvjetima.

Poljoprivredni proizvođači trebali bi provoditi analizu tla svake četvrte godine. U zemljama članicama Europske unije poljoprivredni proizvođači bez potvrde o redovitoj analizi tla ne mogu ostvariti pravo na poljoprivredne potpore.

Dobro izvješće agrokemijskog laboratorija o izvršenoj analizi tla mora sadržavati sljedeće podatke:

- podatke o parceli (mjestu uzorkovanja) kao što su lokacija, ime parcele, veličina, datum uzorkovanja, predkultura, prethodna mineralna i organska gnojiva i sl.
- rezultate fizikalno-kemijskih analiza tla; osnovna analiza mora sadržavati rezultate o pH vrijednosti, sadržaju fosfora, kalija, kalcija, organske tvari i adsorpcijskom kompleksu, kao i rezultate analize drugih hraniva (mikroelementi, NO₃-N, NH₄-N itd.), mehanički sastav, salinitet i sl.
- procjenu opskrbljenosti tla (uključujući napomene o manjku, suvišku ili drugim limitirajućim činiteljima)
- preporuku gnojidbe (potrebnu količinu pojedinih hranjivih elemenata i doze gnojiva) za pojedine usjeve i njihove planirane (ciljne) visine prinosa utemeljene na agroekološkim uvjetima proizvodnje (tip tla, primijenjena agrotehnika, predusjev i sl.) te ekonomskim promišljanjima
- preporuku eventualno potrebne kalcizacije, humizacije ili primjene drugih poboljšivača tla
- opaske i dopunsku interpretaciju fizikalno-kemijskih analiza.

Tablica 2. Analiza tla table R-T21a

(vlastiti izvor)

Tabla	Soil Sampling ID	Kultura	pH KCl	pH H ₂ O	P ₂ O ₅ - AL	K ₂ O - AL	HUMUS %	Hy (cmol /kg)	Bor AzH	lab. broj
R-T21a	555	š.repa	5,95	6,88	14,5	14,92	2,14	0	0,41	934
R-T21a	556	š.repa	6,42	7,46	19,5	18,56	1,99	0	0,37	935
R-T21a	557	š.repa	5,33	6,07	9	15,36	1,89	3,19	0,41	936
R-T21a	558	š.repa	6,4	7,28	20,7	14,48	2,18	0	0,37	937
R-T21a	559	š.repa	6,83	7,95	12,3	15,36	1,81	0	0,28	938

Originali analiza šalju se poštom u papirnatom obliku nakon što se završi uzorkovanje, međutim da bi se stigla odraditi bilanciranja hraniva i priprema preporuka za osnovnu gnojidbu na računalu, neslužbene analize dobivaju se u .xls zapisu.

3.1.4. Interpretacija analize tla i izrada karata hraniva za osnovnu gnojidbu

Interpretacija analize tla mora iskazati potrebe u hranivima te preporuku gnojidbe s obzirom na ekonomičnost, način aplikacije i dr. te sadržavati:

- definiciju raspoloživosti hraniva, opskrbljenosti tla i zadatak gnojidbe
- klasifikaciju raspoloživosti, granične vrijednosti ili rangove, odnosno skor funkcije
- preporuku za gnojidbu (obzirom na sustav biljne proizvodnje-konvecionalna, intenzivna, alternativna...)
- procjenu produktivnosti tla (bonitet, kvantifikacija produktivnosti tla).

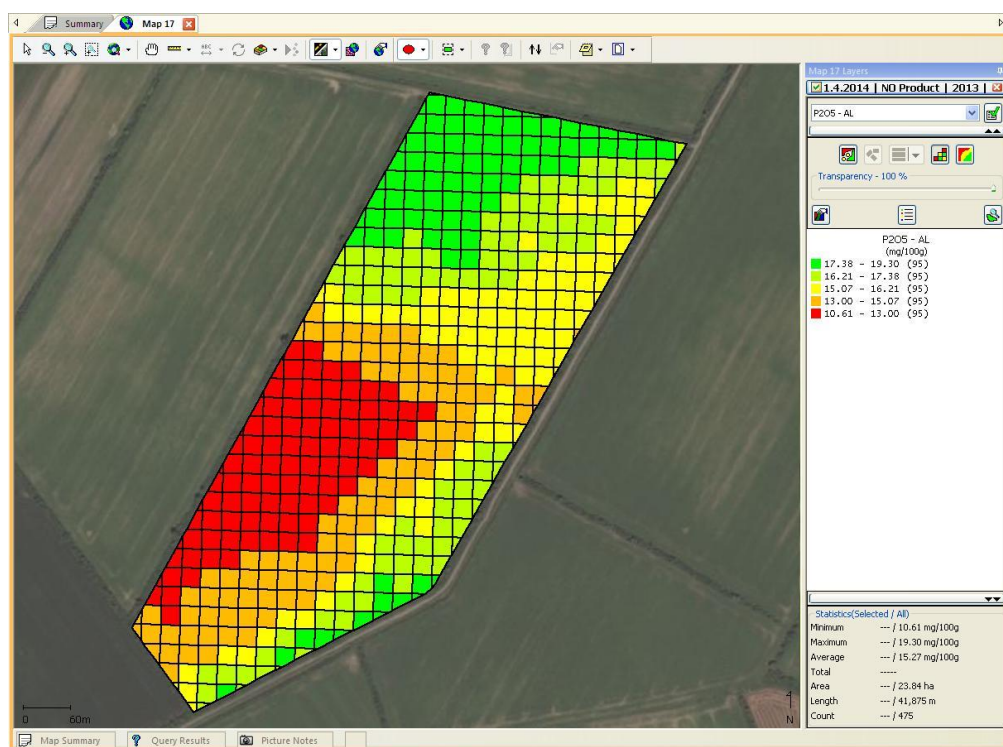
Određivanje relativne pogodnosti za usjeve i trajne nasade temelji se na različitim „težinama“ klimatskih i zemljišnih parametara ovisno o usjevu ili nasadu i njegovom tipu uzgoja, a obavlja se računalnim programom koji preuzima sve relevantne podatke iz baze podataka i iskazuje relativnu pogodnost tla (postotno). Na temelju proračuna za pojedinačne uzorke tla njihovom agregacijom mogu se izraditi karte relativne pogodnosti zemljišta za određenu namjenu izraženo postotkom pogodnosti ili na drugi način, npr. kao potrebna doza hraniva koja se daje gnojidbom, pH-KCl tla ili humus. Svi podaci prikupljeni na terenu i fizikalno-kemijske analize tla unose se u relacijsku bazu i pomoću posebnih modula unutar same baze izračunava se potreba u gnojdbi za usjeve, odnosno potreba melioracijske gnojidbe za zasnivanje trajnih nasada i drugim popravcima tla, kao što su kalcizacija, humizacija, fosfatizacija, kalcizacija i unos mikroelemenata. Također se daju savjeti za otklanjanje faktora ograničenja kao što su opasnost od mraza, nepovoljna ekspozicija i smjer sadnje. Podaci unutar baze, zajedno s rezultatima računalnog proračuna, čuvaju se u izlaznoj relacijskoj bazi implementiranoj u GIS, gdje zajedno s geografskim kartama, vizualizacijom podataka u prostoru i proračunima uz pomoć posebno kreiranih aplikacija predstavljaju interpretacijsku bazu pogodnosti tala.

Laboratorijska analiza tla prikazuje kemijska svojstva tla, odnosno sadržaj raspoloživog hraniva za biljku. Na osnovu te analize izrađuje se preporuka gnojidbe, pomoću računalnih programa.

Preporuka gnojidbe se u PIK-u Vinkovci izrađuje pomoću petogodišnje bilance napravljene u tablici u programu Microsoft Excel koja na temelju unesenih parametara kao što su rezultati analize tla, iznošenje hraniva, ostvareni i planirani prinosi itd. prethodno konfiguriranim formulama daje preporuku gnojidbe. Preporuka gnojidbe se tada iz .xls zapisa prebacuje u .csv zapis koji se učitava u *SMS Advanced software*. Analizom tla utvrđuje se

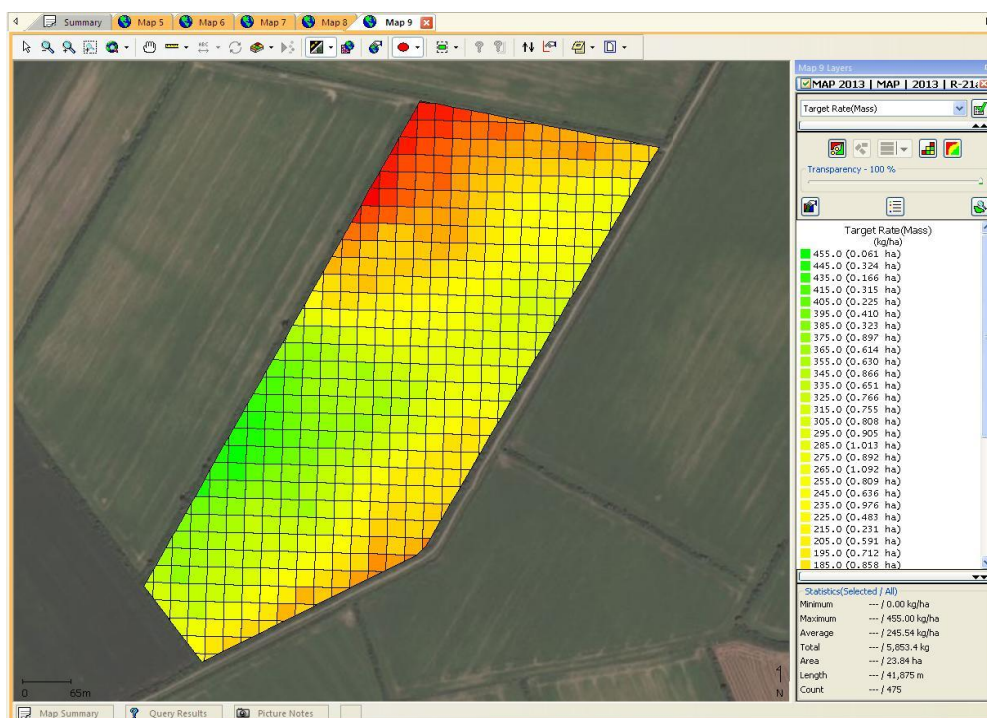
sadržaj glavnih elemenata u ishrani bilja, a to su dušik, fosfor i kalij. U slučaju nedostatka istih potrebno je obaviti gnojidbu kako bi sadržaj hraniva bio što povoljniji. Pomoću *SMS Advanced software*-a izrađuju se dvije karte raspodjele hraniva (fosfor i kalij), te karta kalcizacije ukoliko je potrebna.

S obzirom na dobivene vrijednosti nakon provedene laboratorijske analize tla izrađena je karta raspodjele hraniva na temelju koje će se provesti gnojidba navedene parcele. Kao podlogu karte raspodjele hraniva *SMS Advanced software* koristi satelitski snimak odnosno *Google Earth* podlogu koja daje dobar uvid u prostor. Svaka improvizacija, uključujući subjektivnu vizualnu procjenu, najčešće rezultira smanjivanjem prinosa i kvalitete usjeva te je stoga uporaba digitalne kartografije i sustava baze podataka o značajkama tla vrlo važna.



Slika 23. Sadržaj P_2O_5 na tabli R-T21a

(vlastiti izvor)

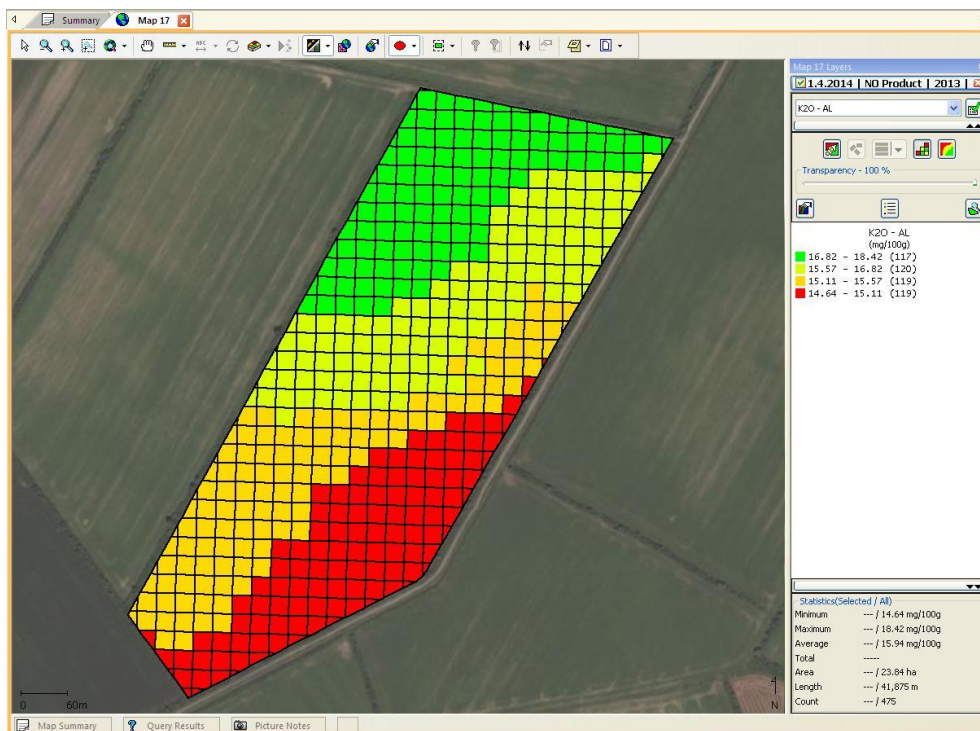


Slika 24. Preporuka za raspodjelu MAP-a na tabli R-T21a

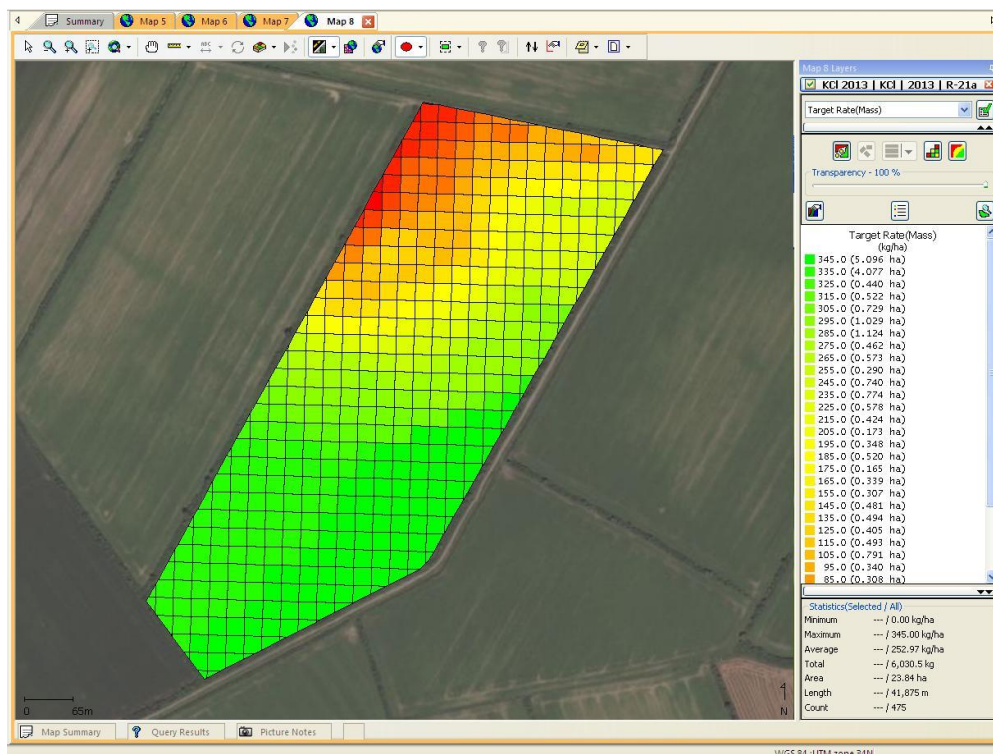
(vlastiti izvor)

Uspoređujući prethodne dvije slike (23. i 24.) iz *SMS Advanced software*-a, odnosno kartu koja prikazuje opskrbljenost tla s P_2O_5 i kartu koja prikazuje preporuku za raspodjelu gnojiva MAP (52% P_2O_5), vizualnim pregledom se lako može uočiti gdje postoji najveći nedostatak hraniva tj. gdje je preporučeno najviše gnojiva. Pored grafičkog prikaza opskrbljenosti parcele hranivom nalazi se numerički koji prikazuje sadržaj hraniva po pojedinoj boji, te minimalnu, maksimalnu i prosječnu količinu hraniva. Pored mape sa preporukom gnojidbe nalaze se numerički podaci o minimalnoj, maksimalnoj i prosječnoj količini gnojiva po hektaru te ukupnoj količini gnojiva potrebnog za parcelu.

Isto se može uočiti i na iduće dvije slike (slike 25. i 26) koje prikazuju opskrbljenost parcele s K_2O i preporuku za raspodjelu gnojiva KCl (60% K_2O).



Slika 25. Sadržaj K_2O na tabli R-T21a
(vlastiti izvor)



Slika 26. Preporuka za raspodjelu KCl-a na tabli R-T21a
(vlastiti izvor)

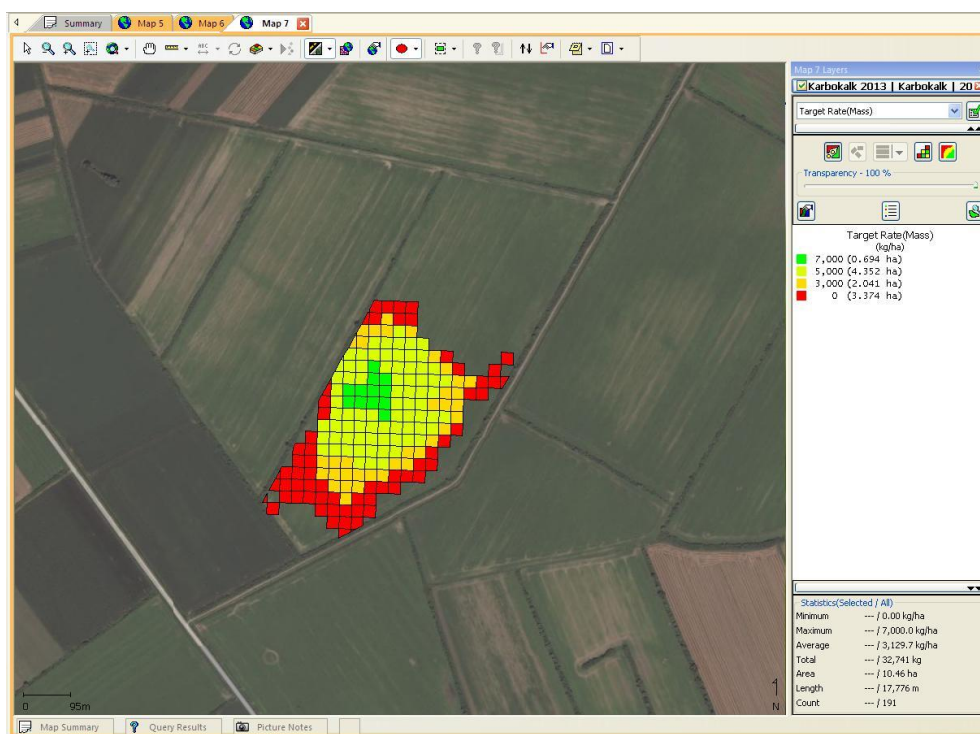
Uz preporuku gnojidbe, na temelju rezultata laboratorijske analize pomoću *SMS Advanced software-a*, pravi se i preporuka za kalcizaciju, odnosno raspodjelu materijala za kalcizaciju (karbokalka). Na temelju mape s vrijednostima pH proizvoljno se određuju razredi s različitim količinama karbokalka. Npr. na poligon čija je pH-vrijednost 4-5 bacat će se 10 t/ha, na poligon pH-vrijednosti 5-6 bacat će se 7 t/ha i sl., ovisno o kemijskoj analizi karbokalka, odnosno količini kalcija u njemu. Prosječan sadržaj CaCO_3 u karbokalku iznosi oko 80% CaCO_3 , tj. oko 34% Ca.



Slika 27. Mapa pH vrijednosti tla na tabli R-T21a

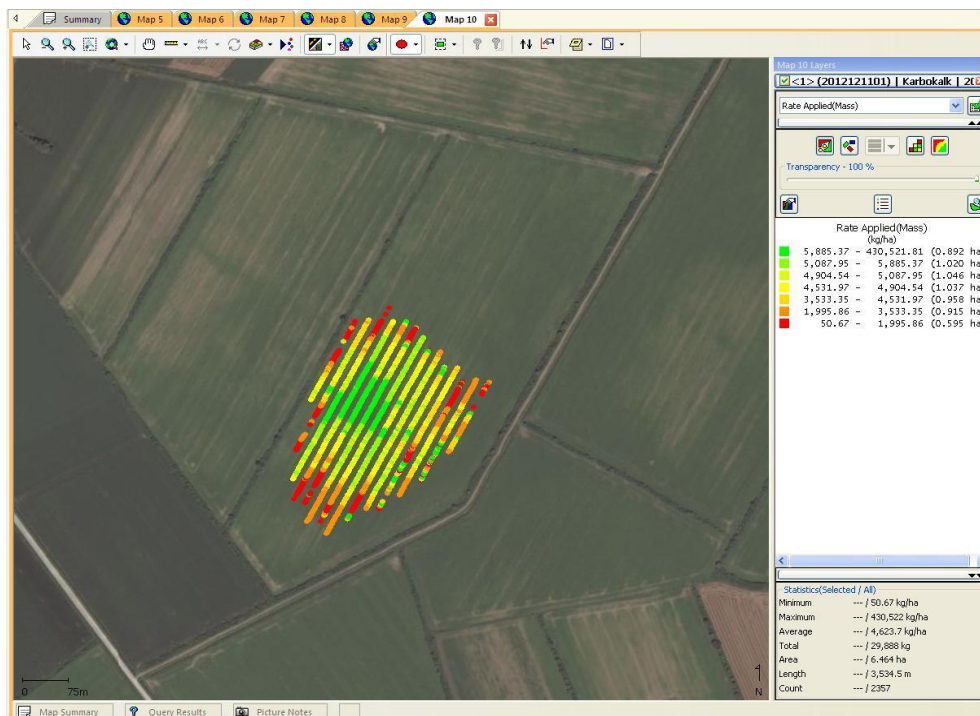
(vlastiti izvor)

Na slici 27. može se uočiti kako je najkiseliji dio table na sredini, odnosno obojen crveno. Na idućoj slici (slika 28.) prikazana je preporuka za korekciju pH vrijednosti raspodjelom karbokalka. Količina karbokalka za pojedini raspon pH vrijednosti određuje se proizvoljno, uglavnom na temelju dostupnosti materijala za kalcizaciju (karbokalk, agrovapno i sl.). Bitno je naglasiti da traktorist ne mora gaziti cijelu površinu parcele jer unaprijed može vidjeti na koji dio parcele treba ići, čime se postiže znatna ušteda na vremenu i gorivu te se smanjuje zbijanje tla gaženjem budući da se aplikacija karbokalka vrši teškim traktorom i velikom prikolicom za raspodjelu (slika 30.).



Slika 28. Preporuka za raspodjelu karbokalka na tabli R-T21a

(vlastiti izvor)



Slika 29. Zapis raspodjele karbokalka na tabli R-T21a

(vlastiti izvor)



Slika 30. Raspodjela karbokalka prikolicom *Annaburger* vučenom teškim traktorom
Fendt 930
(vlastiti izvor)

3.1.5. Precizna raspodjela gnojiva u osnovnoj gnojidbi

Za primjenu varijabilne raspodjele mineralnog gnojiva u osnovnoj gnojidbi potrebno je imati odgovarajući software. Jedan od njih je *Ag Leader SMS Advanced* koji služi za prikupljanje, obradu te izradu mapa koje se koriste u preciznoj poljoprivredi. Prvi korak u primjeni preporuke gnojidbe je izvoz zapisa s preporukom iz stolnog računala kao .irx zapis na USB stick te uvoz u Integra monitor u traktoru. Preko Integre kontrolira se rad rasipača gnojiva, vođenje traktora te se prikupljaju podaci u realnom vremenu.

Tehničke karakteristike monitora Integra:

- priključak za USB
- 28-pinski izlaz
- podrška za video kamere
- senzor osjetljiv na svjetlo
- veličina ekrana u boji 12,1"
- ekran rezolucije 1024x768 (16-bit)
- 4GB interne memorije
- podržava gotovo sve „NMEA“ GPS prijamnike
- kontrola priključaka „directcommand-om“ te „seedcommand“ modulima koji koriste industrijsko CAN-bus sučelje
- podešavanje glasnoće zvučnika

- pogled mape u 3D
- pregled izvješća
- automatsko prepoznavanje polja
- napredna GPS dijagnostika



Slika 31. Kalibrator *Bogballe ZURF* i prikaz preporuke gnojidbe na monitoru *Integra*
(vlastiti izvor)

Kada traktor dođe na parcelu, traktorist na izborniku umjesto količine gnojiva odabire .irx zapis i uključuje autopilot. Na kraju proхода traktorist mora ručno okrenuti traktor i ponovno uključiti autopilot koji ga uvodi u slijedeći prohod.



Slika 32. Prikaz proхода traktora i rasipača na monitoru *Integra*
(vlastiti izvor)

Osnovna gnojidba obavlja se centrifugalnim rasipačem *Bogballe M3W* na radnu širinu od 24 metra. Na krovu traktora montirana je GPS satelitska antena (slika 33.) koja je spojena na Integra monitor i pomoću besplatnog EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) signala daje preciznost od 30 cm, što je dovoljno za raspodjelu gnojiva.



Slika 33. GPS antena montirana na krov traktora
(vlastiti izvor)

Novoprodukcijeni centrifugalni rasipači imaju u konstrukciji već ugrađenu preciznost poprečne i uzdužne raspodjele mineralnog gnojiva za ostvarivanje varijacijskog koeficijenta od 5 do 15%, ali zbog velikog broja vanjskih uvjeta ovi rezultati prelaze brojku od 10% (Tadić i sur.,2009.). Također, da bi preklapanje radnih zahvata i raspodjela mineralnog gnojiva bila optimalna, na svakom centrifugalnom rasipaču mora se podesiti radni zahvat (Banaj i sur., 1994.).

Rasipač *Bogballe M3W* opremljen je sustavom za vaganje i paralelnim nosačem s dvije ćelije za vaganje. Sustavom za vaganje mjeri se težina gnojiva 50 puta u sekundi, te se opažaju promjene u protoku gnojiva i namještaju zatvarači u toku vožnje. Maksimalni kapacitet lijevka iznosi 4000 litara. Široki lijevak idealan je za punjenje utovarivačima (slika 35.). Rasipač je također opremljen i upravljačkom jedinicom kalibrator ZURF, elektronskim upravljanjem bacanja gnojiva do granice, stražnjim svjetlima te zaštitnim i dodatnim limovima. Središnji kontrolni regulacijski sustav automatski podešava točku padanja gnojiva na rotirajuće diskove rasipače. Dvostruki zatvarači otvaraju se različitim brzinama i osiguravaju savršenu točku padanja gnojiva neovisno o promjeni brzine kretanja. Mala udaljenost između zatvarača i rotirajućih diskova omogućava precizan rad i na neravnim terenima. Ekscentrični mješač osigurava konstantan protok gnojiva, a samim tim i konstantno doziranje gnojiva. Za kvalitetnu raspodjelu bitne su i lopatice koje su svojstvene vrsti gnojiva

i njegovim karakteristikama (slika 34.). Izrađene su od manganskog čelika zbog čega su iznimno izdržljive.



Slika 34. Lopatica za MAP na rasipaču *Bogballe M3W*
(vlastiti izvor)



Slika 35. Punjenje rasipača *Bogballe M3W* pretovarnom prikolicom
(vlastiti izvor)

In-Centre sistem se koristi prilikom normalnog raspodjeljivanja u polju; diskovi se okreću jedan prema drugome i raspodjeljuju gnojivo u 4 aplikacije. Na taj način postizemo “4-dupla prekrivanja” koje imaju za rezultat savršen uzorak raspodjeljivanja.

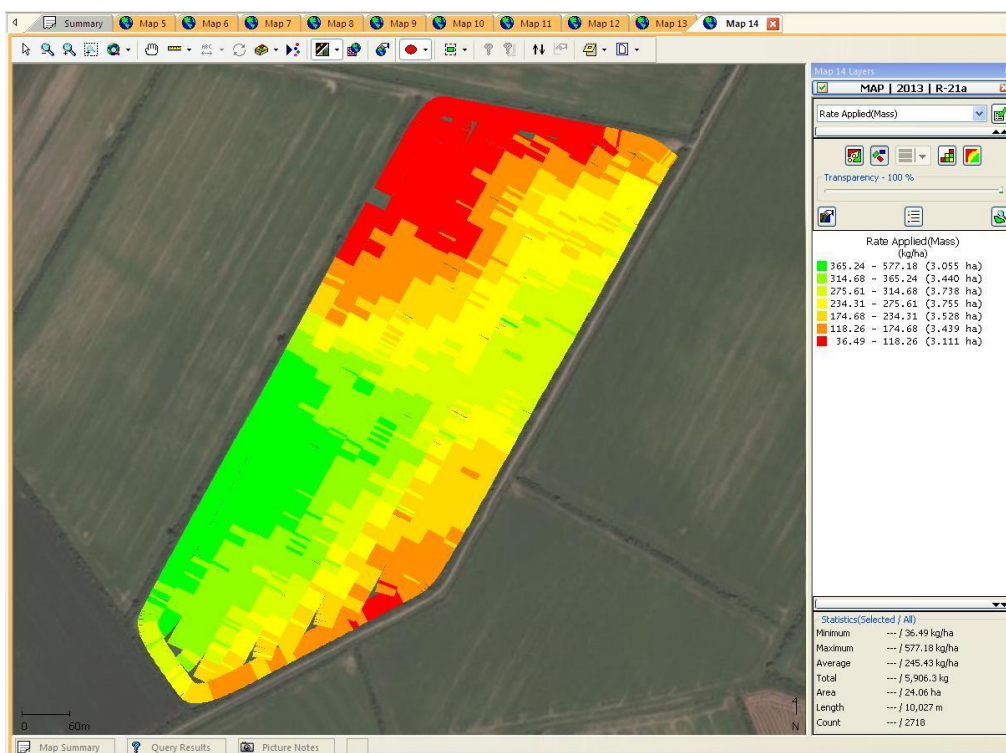
Off-Centre sistem se koristi prilikom raspodjeljivanja na uvratini; diskovi se okreću jedan od drugoga i raspodjeljuju gnojivo u dva pojedinačna uzorka, odnosno na lijevu i desnu stranu. Ovaj sistem osigurava savršenu raspodjelu gnojiva do granice kao i unutar polja.

U radu prema preporuci, pri prelasku iz jedne gnojidbene zone u drugu, dolazi do autonomne i automatizirane promjene zadane količine gnojiva na kalibratoru *Bogballe ZURF*, bez ikakve intervencije vozača i u skladu s izvršnom datotekom za gnojidbu. Odstupanja ostvarenih od zadanih hektarskih količina iznimno su mala te su koeficijenti varijacije uglavnom ispod 10%, što su pokazala i testiranja (Đ. Banaj i sur., 2010.). Ovakav način

raspodjele ne mora nužno značiti smanjenje količine gnojiva, no zasigurno će doprinijeti dobivanju homogenijeg tla.



Slika 36. Precizna gnojidba rasipačem *Bogballe M3W* pogonjen traktorom *Fendt 412*
(vlastiti izvor)



Slika 37. Zapis precizne gnojidbe MAP-om na tabli R-T21a rasipačem *Bogballe M3W*
(vlastiti izvor)



Slika 38. Zapis precizne gnojidbe KCl-om na tabli R-T21a rasipačem *Bogballe M3W*
(vlastiti izvor)

U zapisima (log file na slikama 37. i 38.) obavljene osnovne gnojidbe KCl-om i MAP-om vidljivo je da je rasipač vrlo precizno odradio ono što mu je preporukom gnojidbe bilo zadano. Odstupanja su unutar granice tolerancije od 10 % što se za centrifugalne rasipače smatra vrlo dobrim rezultatom. Pojedina veća odstupanja od preporuke gnojidbe uglavnom su uzrokovana lošijim GPS signalom i naglim smanjivanjem brzine traktora prilikom nailaska na neravnine terena (kanali za odvodnju i sl.).

4. REZULTATI I RASPRAVA

U tablici 3. prikazani su rezultati analize tla u bloku Retkovci koji pokazuju opskrbljenost tla fosforom i kalijem, pH vrijednost, postotak humusa, hidrolitičku kiselost (za uzorke kojima je pH KCl vrijednost < 5,5) i sadržaj bora budući da je planirana kultura za iduću sjetvu šećerna repa.

Tablica 3. Analiza tla za blok Retkovci
(vlastiti izvor)

Tabla	Soil Sampling ID	Kultura	pH KCl	pH H ₂ O	P ₂ O ₅ -AL	K ₂ O-AL	HUMUS %	Hy (cmol/kg)	Bor AzH	Lab. broj
R-T22d	543	š.repa	6,84	7,93	18,6	18,09	2,19	0	0,27	879
R-T22d	544	š.repa	6,48	7,46	17,9	18,56	1,86	0	0,24	880
R-T20	560	š.repa	5,83	6,73	10,2	18,09	1,86	0	0,21	908
R-T20	561	š.repa	6,52	7,27	18,7	17,63	1,99	0	0,21	909
R-T20	562	š.repa	6,66	7,73	11,3	14,48	1,87	0	0,17	910
R-T23a	568	š.repa	6,83	7,41	10,3	17,63	1,79	0	0,48	911
R-T23a	569	š.repa	6,85	7,83	24	14,92	1,92	0	0,24	912
R-T23b	574	š.repa	6,85	7,8	15,3	14,05	2,13	0	0,18	913
R-T23b	575	š.repa	6,07	6,8	11,3	19,52	2,04	0	0,19	914
R-T23b	576	š.repa	6,01	6,71	12,7	18,09	2,09	0	0,17	915
R-T23b	577	š.repa	6,56	7,4	20	17,16	2,25	0	0,2	916
R-T23b	578	š.repa	6,08	6,62	20,7	23,49	2,39	0	0,21	917
R-T23c	579	š.repa	5,72	6,21	16,3	20,49	1,81	0	0,23	918
R-T23c	580	š.repa	5,77	6,39	11,9	18,09	1,91	0	0,25	919
R-T23c	581	š.repa	5,93	6,83	10,9	16,71	1,88	0	0,26	920
R-T23c	582	š.repa	6,54	7,7	17,2	18,56	2,02	0	0,25	921
R-T23c	583	š.repa	6,63	7,48	39,1	27,2	1,86	0	0,22	922
R-T23c	584	š.repa	6,03	7,03	13,8	20,49	2,07	0	0,31	923
R-TCK1	570	š.repa	5,59	7,04	8,3	18,56	1,72	0	0,31	924
R-TCK1	571	š.repa	6,36	7,59	9,4	19,04	1,87	0	0,3	925
R-TCK1	572	š.repa	6,67	7,73	8,6	14,48	1,87	0	0,27	926
R-TCK1	573	š.repa	6,59	7,7	11,2	14,92	1,91	0	0,19	927
R-T21c	549	š.repa	6,47	7,35	10,5	14,05	1,97	0	0,21	928
R-T21c	550	š.repa	5,54	6,11	12,6	15,8	2,34	0	0,31	929
R-T21b	551	š.repa	6,06	6,8	14,8	19,52	1,77	0	0,31	930
R-T21b	552	š.repa	4,65	5,62	11,1	16,25	1,85	4,03	0,36	931
R-T21b	553	š.repa	5,25	6,28	9,6	15,36	1,83	3,06	0,34	932
R-T21b	554	š.repa	5,56	6,32	11,2	18,56	1,87	0	0,33	933
R-T21a	555	š.repa	5,95	6,88	14,5	14,92	2,14	0	0,41	934
R-T21a	556	š.repa	6,42	7,46	19,5	18,56	1,99	0	0,37	935

R-T21a	557	š.repa	5,33	6,07	9	15,36	1,89	3,19	0,41	936
R-T21a	558	š.repa	6,4	7,28	20,7	14,48	2,18	0	0,37	937
R-T21a	559	š.repa	6,83	7,95	12,3	15,36	1,81	0	0,28	938
R-T22a	563	š.repa	5,39	6,21	39,3	30	2,21	3,11	0,43	939
R-T22a	564	š.repa	5,52	6,08	12,3	16,25	2,02	0	0,38	940
R-T22a	565	š.repa	6,11	7,3	23,4	18,56	2,06	0	0,45	941
R-T22a	566	š.repa	5,54	6,57	30,2	20	2,58	0	0,37	942
R-T22a	567	š.repa	6,2	7,09	16,1	13,2	2,25	0	0,33	943
R-T22b	545	š.repa	6,09	6,77	10,8	19,52	1,81	0	0,3	944
R-T22b	546	š.repa	5,91	6,5	13,9	14,48	2,09	0	0,35	945
R-T22b	547	š.repa	5,74	6,67	20,5	19,52	1,96	0	0,41	946
R-T22b	548	š.repa	6,61	7,65	16,4	14,05	1,93	0	0,25	947
R-T25b	585	š.repa	4,87	5,91	40	31,75	2,02	4,46	0,35	948
R-T25b	586	š.repa	5,03	5,99	40	30	2,23	4,11	0,36	949
R-T25b	587	š.repa	6,33	7,5	16,9	15,8	2,05	0	0,27	950
R-T25b	588	š.repa	4,6	5,75	12,1	15,8	1,91	4,94	0,51	951
R-T25b	589	š.repa	4,75	5,88	12,7	15,4	1,92	4,86	0,3	952
R-T25b	590	š.repa	6,83	7,92	16,4	13,62	1,9	0	0,23	953
R-T25b	591	š.repa	7,16	7,81	21	14,92	1,78	0	0,24	954
R-T26c	592	š.repa	4,77	5,35	18,3	23,49	1,79	4,16	0,32	1024
R-T26c	593	š.repa	4,71	5,63	23	24,52	2,12	4,42	0,42	1025
R-T26c	594	š.repa	5,21	6,3	18,4	17,63	2,11	3,19	0,38	1026
R-T26c	595	š.repa	6,82	7,24	19,9	15,36	2,36	0	0,27	1027
R-T26c	596	š.repa	4,8	5,95	17,2	23,49	2,14	4,42	0,36	1028
R-T26c	597	š.repa	6,63	7,74	24,6	14,05	2,44	0	0,31	1029
R-K1	598	š.repa	6,07	7,14	40	34,79	2,26	0	0,42	1030
R-K1	599	š.repa	6,56	7,16	17,8	19,04	1,84	0	0,32	1031
R-K1	600	š.repa	5,94	6,7	27,3	20	1,8	0	0,33	1032
R-K1	601	š.repa	6,77	7,95	24,7	17,63	1,85	0	0,33	1033
R-K1	602	š.repa	7,21	7,89	23,4	15,8	1,84	0	0,32	1034
R-K5	603	š.repa	6,65	7,65	39,3	19,04	2,06	0	0,38	1035
R-K5	604	š.repa	6,26	7,5	32,7	21,47	2,37	0	0,49	1036
R-K5	605	š.repa	5,72	6,47	40	19,04	2,86	0	0,59	1037

Na osnovu rezultata laboratorijske analize tla (Tablica 3.) napravljeno je bilanciranje hraniva te su u Ag Leader SMS software-u napravljene preporuke gnojidbe MAP-om i KCl-om. Broj uzoraka po pojedinoj tabli ovisi o njoj površini budući da jedan uzorak predstavlja prosječno 5 ha. Iz tablice 3. su vidljive velike razlike u svojstvima zemljišta unutar pojedinih parcela pa tako primjerice na istoj parceli imamo raspon pH vrijednosti od 4,6 do 7,16 (R-T25b).

Tablica 4. Potrošnja gnojiva preciznom gnojidbom za blok Retkovci
(vlastiti izvor)

BLOK	TABLA	ha	PREDKULTURA	KULTURA 2014.	Utrošena količina gnojiva po tabli		Utrošena količina gnojiva po ha	
					MAP kg	KCl kg	MAP kg/ha	KCl kg/ha
Retkovci	R-20	17,86	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	1960	0	110
Retkovci	R-22d	8,88	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	0	0	0
Retkovci	R-23a	9,85	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	1472	0	149
Retkovci	R-23b	13,25	Pšenica merkantilna	Šećerna repa	0	1000	0	75
Retkovci	R-23b	15,00	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	1052	0	70
Retkovci	R-23c	22,03	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	0	0	0
Retkovci	R-CK1	21,11	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	2041	4870	97	231
Retkovci	R-21a	23,60	Pšenica merkantilna	Šećerna repa	6192	6065	262	257
Retkovci	R-21b	18,50	Pšenica merkantilna	Šećerna repa	7746	1400	419	76
Retkovci	R-21c	5,56	Pšenica merkantilna	Šećerna repa	2683	1264	483	227
Retkovci	R-22a	25,08	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	2491	0	99
Retkovci	R-22b	19,01	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	3712	0	195
Retkovci	R-25b	37,01	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	9784	5204	264	141
Retkovci	R-26c	29,48	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	2803	0	95
Retkovci	R-K1	28,81	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	0	0	0
Retkovci	R-K5	11,13	Pšenica sjemenska	Šećerna repa	0	0	0	0
		306,16			28.446	33.293	93	109

Prosječno je utrošeno 93 kg/ha MAP-a i 109 kg/ha KCl-a što je vrlo malo ako uzmemo u obzir potrebe šećerne repe za fosforom i kalijem da bi se postigao planirani prinos od 60 t/ha. To je rezultat prethodnih prekomjernih plošnih gnojidbi (konvencionalna gnojidba u tablici 4.) koje su napravile zalihe hraniva u tlu jer nisu uzimale u obzir ostvarene prinose tj. iznošenje hraniva nego su bazirane samo na potrebama biljaka koje su bile u planu sjetve. Isto tako, nisu postojala ograničenja u primjeni mineralnih gnojiva koja sada postoje kroz zakonsku regulativu i zahtjeve integrirane proizvodnje, odnosno poštivanje dobre poljoprivredne prakse. Treba napomenuti činjenicu, koja je vidljiva samo pogledom u GIS, da je na nekim lokacijama unutar tabli gnojidba naglašena a na drugima smanjena ili potpuno izostavljena što dovodi do ujednačavanja opskrbljenosti hranivom te u konačnici ujednačenijeg prinosa na parceli.

Tablica 5. Prinos šećerne repe u bloku Retkovci 2014.

(vlastiti izvor)

TABLE	POVRŠINA ha	ČISTA REPA kg	PRINOS PO TABLI	DIGESTIJA PROSJEK	NEČISTOĆA PROSJEK
R-20	17,86	1.315.749	73.670	14,12	13,99
R-22d	8,88	819.499	92.286	13,63	14,38
R-23a	9,85	718.347	72.929	13,29	15,06
R-23b	28,25	1.952.492	69.115	13,79	14,28
R-23c	22,03	1.641.226	74.500	13,66	14,40
R-CK1	21,11	1.595.814	75.595	14,37	12,52
R-21a	23,6	1.708.152	72.379	13,80	16,36
R-21b	18,5	1.292.723	69.877	13,58	14,48
R-21c	5,56	347.742	62.544	13,80	12,52
R-22a	25,08	1.790.894	71.407	13,90	16,51
R-22b	19,01	1.227.589	64.576	13,73	14,75
R-25b	37,01	2.681.732	72.460	13,21	15,11
R-26c	29,48	2.098.695	71.190	14,40	14,50
R-K1	28,81	2.098.250	72.831	13,95	14,50
R-K5	11,13	784.720	70.442	14,36	14,17
Ukupno:	306,16	22.073.624	72.098	13,82	14,63

Iz pregleda prinosa po tablama (tablica 5.) jednostavnom analizom može se zaključiti kako izostavljanje gnojidbe na pojedinim tablama nije umanjilo njihov prinos. Čak je na tabli R-21c, na kojoj je utrošeno najviše gnojiva rezultat prilično loš ako se uspoređuje sa prosjekom. Vidljivo je da je digestija na svim tablama loša što je uzrokovala kišna godina sa premalo sunčanih dana te pojava retrovegetacije uslijed oštećenja listova od ledotuče i znatnog napada *Cercospora*. Možemo reći da su vremenske prilike, posebice kišno ljeto, uzrokovale i ovako visoki prinos korijena lošije tehnološke kvalitete. Neke od ovih tabli su tijekom lipnja bile poplavljene pa i u toj činjenici treba tražiti razlike u prinosima. Varijacije u prinosima svakako su i rezultat oblika tabli pa tako table nepravilnijeg oblika imaju manji prinos što je rezultat povećanog sabijanja tla na uvratinama prilikom oranja zimske brazde.

Tablica 6. Financijski učinak precizne gnojidbe šećerne repe u bloku Retkovci u sezoni
2013/2014.
(vlastiti izvor)

KONVENCIONALNA GNOJIDBA ŠEĆERNE REPE						
OSNOVNA GNOJIDBA						
Vrsta gnojiva	kg/ha	kn/kg	kn/ha	N	P	K
NPK 7:20:30	700	4,23	2961	49	140	210
PREDSJETVENA GNOJIDBA						
Vrsta gnojiva	kg/ha	kn/kg	kn/ha	N	P	K
UREA 46%N	130	2,03	263,9	60		
NPK 15:15:15	200	3,01	602	30	30	30
PRIHRANA						
Vrsta gnojiva	kg/ha	kn/kg	kn/ha	N	P	K
KAN 27%N	150	1,55	232,5	41		
UKUPNA CIJENA GNOJIVA/HA:				N	P	K
4.059				179	170	240
GNOJIDBA POJEDINAČNIM GNOJIVIMA						
OSNOVNA						
Vrsta gnojiva	kg/ha	kn/kg	kn/ha	N	P	K
MAP 46%P, 12%N	300	2,80	840	36	138	
KCL 60%K ₂ O	400	3,41	1364			240
UREA 46%N	130	2,03	263,9	60		
PRIHRANA						
Vrsta gnojiva	kg/ha	kn/kg	kn/ha	N	P	K
KAN 27%N	300	1,55	465	81		
UKUPNA CIJENA GNOJIVA/HA:				N	P	K
2.933				177	138	240
PRECIZNA GNOJIDBA (utrošeno u proizvodnji 2013/2014)						
OSNOVNA						
Vrsta gnojiva	kg/ha	kn/kg	kn/ha	N	P	K
MAP 46%P, 12%N	93	2,80	260	11	43	
KCL 60%K ₂ O	109	3,41	371			65
UREA 46%N	130	2,03	263,9	60		
PRIHRANA						
Vrsta gnojiva	kg/ha	kn/kg	kn/ha	N	P	K
KAN 27%N	300	1,55	465	81		
UKUPNA CIJENA GNOJIVA/HA:				N	P	K
1.360				152	43	65

Analiza financijskog učinka (tablica 6.) napravljena je prema cijenama preuzetim iz projekta „Prostorna distribucija gnojidbe šećerne repe primjenom GIS –a“ (Kristek, A. 2009.) budući da PIK Vinkovci d.d. kao dio Agrokor koncerna nabavlja velike količine gnojiva po nižim cijenama pa analiza ne bi bila vjerodostojna. Vidljivo je da je gnojidba pojedinačnim gnojivima oko 28% financijski isplativija nego gnojidba kompleksnim gnojivima. Također je vidljivo da je kompleksnim gnojivima teško postići optimalnu gnojdbenu bilancu koju zahtijeva šećerna repa. Potrebe šećerne repe za prinos od 60 t/ha su oko 180 kg/haN, 105 kg/ha P₂O₅ i 240 kg/ha K₂O (tablica 1.) što je najlakše postići gnojdbom pojedinačnim gnojivima (tablica 6.)

Prema gnojidbi koja je obavljena u bloku Retkovci u sezoni 2013/2014 na površini od 306 ha precizna je gnojidba jeftinija od konvencionalne oko 66 % a u odnosu na gnojdbu pojedinačnim gnojivima oko 54 %.

Preciznom gnojdbom najbrže se postiže financijski učinak u proizvodnji šećerne repe budući da trošak mineralnog gnojiva zauzima i do 35 % varijabilnih troškova proizvodnje.

5. ZAKLJUČAK

Cilj precizne poljoprivrede jest aplicirati pravu količinu na pravo mjesto i u pravo vrijeme, bilo da se radi o sjemenu, gnojivu ili zaštitnom sredstvu.

Da bi se uveo sustav precizne poljoprivrede nije dovoljno samo kupiti GPS prijamnik i ostalu opremu, nego je prije svega potrebna promjena u pristupu parceli. Precizna poljoprivreda se stvara kroz vrijeme prikupljanjem i obradom velikog broja podataka o svakoj parceli, a to nije moguće bez veće razine znanja, kako o GPS i GIS tehnologijama, tako i o fizikalnim, kemijskim i biološkim faktorima koji utječu na pogodnost tla za proizvodnju i u konačnici na dobar prinos usjeva. Kako se baza podataka puni informacijama, sve više vremena će biti potrebno za njihovu interpretaciju, a s time dolazi i povećanje rizika od krive interpretacije. Zbog toga, preciznu poljoprivredu je najbolje implementirati u fazama, kako bi se poljoprivrednik priviknuo na kompleksniji način razmišljanja o parceli.

Može se reći da globalni navigacijski satelitski sustav, u kombinaciji sa sve većom ponudom specijaliziranih high-tech uređaja, mijenja poljoprivrednu proizvodnju sve bržim tempom. Trend razvoja sustava za navođenje poljoprivredne mehanizacije u zadnjih 10-ak godina išao je prema centimetarskoj preciznosti zbog snižavanja cijena takvih uređaja i kao rezultat sve dostupnijih usluga korekcijskih servisa za visoku preciznost. Daljnji napredak ide u smjeru integracije tehnologije za preciznu poljoprivredu već pri proizvodnji poljoprivredne mehanizacije od strane proizvođača, tako da će u budućnosti trebati sve manje dodatne opreme za korištenje mogućnosti koje nudi precizna poljoprivreda.

U Hrvatskoj se preciznom poljoprivredom ozbiljnije bave samo veliki poljoprivredni sustavi, dok se rijetki manji poljoprivrednici uglavnom koriste nekom od komponenti precizne poljoprivrede kao što je pomoć pri upravljanju traktorom. Razlozi za to su još uvijek preskupa oprema i nedovoljna educiranost a time i strah od novog. Rješenje bi moglo biti udruživanje proizvođača pri nabavi i korištenju ove tehnologije koja se vrlo brzo isplaćuje i ima velike jednokratne efekte.

6. POPIS LITERATURE

1. Banaj, Đ., Duvnjak, V., Čuljat, M. (1994): Hranite a ne rasipajte, Agrotehničar 5-6/94, 32-34, Zagreb
2. Banaj, Đ. i sur. (2010.): Primjena GPS tehnologije pri raspodijeli mineralnih gnojiva, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
3. Banaj, Đ., Kovačević V., Tadić V. (2009.): Bogballe Spreader Testing Using Croatia Produced Fertilizers, CIGR Section V, Technology and Management to Increase the Efficiency in Sustainable Agricultural Systems , 1 – 4 September 2009, Rosaio, Argentina
4. Barbosa, R. N., Overstreet, C: What Is Soil Electrical Conductivity?, LSU AgCenter Pub. 3185
5. Jahns, G., (1983.): Automatic guidance of agricultural field machinery, Institut for Biosystems Engineering, Federal Agricultural Research Centre (FAL), Braunschweig-Völkenrode, Germany
6. Jurišić, M., Plaščak, I., (2009) : Geoinformacijski sustavi, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
7. Kristek, A. (2009): Prostorna distribucija gnojidbe šećerne repe primjenom GIS –a, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
8. Pahernik M., (2006): Uvod u geografsko informacijske sustave, MORH, Zagreb
9. Rešić, I. (2014.): Gnojidba šećerne repe fosforom (online članak www.repa.hr)
10. Štefanek, E. (2014.): Precizna poljoprivreda (online publikacija www.gospodarski.hr)
11. Tadić, V., Banaj, Đ., Banaj, Ž., Crnjac, M. (2009): Provjera rada rasipača tvrtke Bogballe, 44th Croatian and 4th International Symposium on Agriculture, Opatija, veljača 2009, str. 945 – 949
12. Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Korišteni linkovi:

www.agleader.com

www.bogballe.com/hr

www.findri.hr

<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/PrecisionFarming/>

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.7.5086&rep=rep1&type=pdf>

<http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.VVzAa0ZZuu8>

<http://repa.hr/analiza-tla-i-gnojidba/>

7. SAŽETAK

Razvoj precizne poljoprivrede započeo je uvođenjem GIS i GPS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji. Glavni cilj precizne poljoprivrede je dati na raspolaganje što veći broj preciznih informacija poljoprivredniku prilikom donošenja odluka. Precizna poljoprivreda je točno upravljanje varijacijama u polju kako bi se proizvelo više hrane koristeći manje resursa, smanjujući pri tome troškove proizvodnje i uvažavajući sve važnije pitanje zaštite okoliša. U ovom radu opisani su sustavi kojima je moguće automatsko navođenje poljoprivredne mehanizacije te je analizirana tehnologija gnojidbe šećerne repe u sustavu precizne poljoprivrede u tvrtki PIK Vinkovci dd. Za prikupljanje i obradu podataka korišten je specijalizirani GIS software za poljoprivredu Ag Leader SMS Advanced. Precizna gnojidba obavljena je raspodjeljivačem gnojiva Bogballe M3W koji je pogonjen traktorom navođenim Paradyne sustavom tvrtke Ag Leader. Dobiveni podaci o aplikaciji gnojiva i podaci o ostvarenim prinosima pokazali su da se korištenjem ove tehnologije ostvaruju značajne uštede mineralnog gnojiva bez smanjenja prinosa šećerne repe.

8. SUMMARY

The development of precision farming began with the introduction of GIS and GPS technology in agricultural mechanization. The main goal of precision farming is to make available a greater number of accurate information to the farmer when making decisions. Precision agriculture is accurately controlling the variations in the field to produce more food using fewer resources, while reducing the manufacturing costs and taking into account the increasingly important issue of environmental protection. This paper describes the systems which can be used for automatic guidance of agricultural machinery and also analyze the technology of fertilization of sugar beet in the system of precision farming in the company PIK Vinkovci dd. For the collection and processing of the data, the specialized GIS software for Agriculture Ag Leader SMS Advanced was used. Precision fertilization was carried out with Bogballe M3W fertilizer spreader which was powered by a tractor guided with Paradyne system of Ag Leader company. The obtained data on the application of fertilizers and data on actual yield showed that the use of these technologies generate significant savings of fertilizers without reducing the yield of sugar beet.

9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Potrebne količine hraniva za odgovarajući prinos šećerne repe (izvor: http://www.gnojdba.info/gnojdba-secerne-repe/gnojdba-secerne-repe-osnovni-podaci/).....	24
Tablica 2. Analiza tla table R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	34
Tablica 3. Analiza tla za blok Retkovci (izvor: vlastiti izvor).....	47
Tablica 4. Potrošnja gnojiva preciznom gnojidbom za blok Retkovci (izvor: (izvor: vlastiti izvor).....	49
Tablica 5. Prinos šećerne repe u bloku Retkovci 2014. (izvor: vlastiti izvor).....	50
Tablica 6. Financijski učinak precizne gnojidbe šećerne repe u bloku Retkovci u sezoni 2013/2014. (izvor: vlastiti izvor).....	51

10. POPIS SLIKA

Slika 1. Komponente GIS-a (izvor: http://www.polkcitymaps.org/GIS-Day.html).....	3
Slika 2. Tematski slojevi pri izradi GIS-a (izvor: http://www.seos-project.eu/modules/agriculture).....	5
Slika 3. Povezanost u preciznoj poljoprivredi (http://www.europski-fondovi.eu/vijesti/precizna-poljoprivreda-prilika-za-poljoprivrednike-eu).....	6
Slika 4. Načela precizne poljoprivrede u prikupljanju podataka, obradi, primjeni i dokumentaciji (Primjena geoinformacijskih sustava u biljnoj proizvodnji, Šimatović).....	7
Slika 5. Instalacija sustava Ag Leader OnTrack3 (tzv. “Lock-n’-Roll” instalacija) (izvor: http://www.agleader.com/products/guidance-steering/ontrac3/).....	11
Slika 6. Sustav za pomoć pri upravljanju Ag Leader OnTrack3 (izvor: http://www.agleader.com/products/guidance-steering/ontrac3/).....	12
Slika 7. Paradyne sustav tvrtke Ag Leader (izvor: http://www.agleader.com/products/guidance-steering/paradyne/).....	13
Slika 8. Uzorci navođenja (izvor: www.findri.hr/agleader/download/AgLeaderCat2012_web.pdf).....	13
Slika 9. Potrebna točnost za obavljanje poljoprivrednih operacija – izvor: http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/	14
Slika 10. Korištenje strojnog vida u kultivaciji kukuruza (izvor: vlastiti izvor).....	16
Slika 11. Monitor za nadzor kultivatora (izvor: vlastiti izvor).....	17
Slika 12. Podešavanje parametara kamere na monitoru (izvor: vlastiti izvor).....	17
Slika 13. Vrijednosti električne vodljivosti različitih tipova tla (izvor: LSU AgCenter Pub. 3185 What Is Soil Electrical Conductivity?).....	27
Slika 14. Sustav mjerenja elektrovodljivosti tla kontaktnim senzorima (izvor: LSU AgCenter Pub. 3185 What Is Soil Electrical Conductivity?).....	28
Slika 15. Skeniranje elektrovodljivosti tla (izvor: vlastiti izvor).....	28
Slika 16. Skener elektrovodljivosti tla Veris EC Surveyor 3150 (izvor: vlastiti izvor).....	29
Slika 17. Oprema u traktoru potrebna za skeniranje elektrovodljivosti tla (izvor: vlastiti izvor).....	29
Slika 18. Mapa elektrovodljivosti tla na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	30
Slika 19. Plan uzorkovanja table R-T21a po „Z“ shemi na temelju elektrovodljivosti tla (izvor: vlastiti izvor).....	31
Slika 20. Ag Leader ručno računalo (<i>Palm PC</i>) s montiranim GPS prijemnikom <i>Wintec</i>	

<i>G-Rays I</i> (izvor: vlastiti izvor).....	32
Slika 21. Uzimanje uzoraka tla sondom <i>Nietfeld Duoprob</i> montiranom na traktor Fendt 412 (izvor: vlastiti izvor).....	32
Slika 22. Priprema uzoraka tla za slanje u laboratorij na analizu (izvor: vlastiti izvor).....	32
Slika 23. Sadržaj P_2O_5 na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	36
Slika 24. Preporuka za raspodjelu MAP-a na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	37
Slika 25. Sadržaj K_2O na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	38
Slika 26. Preporuka za raspodjelu KCl-a na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	38
Slika 27. Mapa pH vrijednosti tla na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	39
Slika 28. Preporuka za raspodjelu karbokalka na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	40
Slika 29. Zapis raspodjele karbokalka na tabli R-T21a (izvor: vlastiti izvor).....	40
Slika 30. Raspodjela karbokalka prikolicom <i>Annaburger</i> vučenom teškim traktorom Fendt 930 (izvor: vlastiti izvor).....	41
Slika 31. Kalibrator <i>Bogballe ZURF</i> i prikaz preporuke gnojidbe na monitoru <i>Integra</i> (izvor: vlastiti izvor).....	42
Slika 32. Prikaz prohoda traktora i rasipača na monitoru <i>Integra</i> (izvor: vlastiti izvor).....	42
Slika 33. GPS antena montirana na krov traktora (izvor: vlastiti izvor).....	43
Slika 34. Lopatica za MAP na rasipaču <i>Bogballe M3W</i> (izvor: vlastiti izvor).....	44
Slika 35. Punjenje rasipača <i>Bogballe M3W</i> pretovarnom prikolicom (izvor: vlastiti izvor)...	44
Slika 36. Precizna gnojidba rasipačem <i>Bogballe M3W</i> pogonjen traktorom Fendt 412 (izvor: vlastiti izvor).....	45
Slika 37. Zapis precizne gnojidbe MAP-om na tabli R-T21a rasipačem <i>Bogballe M3W</i> (izvor: (izvor: vlastiti izvor)).....	45
Slika 38. Zapis precizne gnojidbe KCl-om na tabli R-T21a rasipačem <i>Bogballe M3W</i> (izvor: vlastiti izvor).....	46

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij, smjer Bilinogojstvo

Diplomski rad

Automatsko vođenje poljoprivrednih strojeva te gnojidba šećerne repe u sustavu precizne poljoprivrede

Stanislav Stracenski

Sažetak: Razvoj precizne poljoprivrede započeo je uvođenjem GIS i GPS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji. Glavni cilj precizne poljoprivrede je dati na raspolaganje što veći broj preciznih informacija poljoprivredniku prilikom donošenja odluka. Precizna poljoprivreda je točno upravljanje varijacijama u polju kako bi se proizvelo više hrane koristeći manje resursa, smanjujući pri tome troškove proizvodnje i uvažavajući sve važnije pitanje zaštite okoliša. U ovom radu opisani su sustavi kojima je moguće automatsko navođenje poljoprivredne mehanizacije te je analizirana tehnologija gnojidbe šećerne repe u sustavu precizne poljoprivrede u tvrtki PIK Vinkovci dd. Za prikupljanje i obradu podataka korišten je specijalizirani GIS software za poljoprivredu Ag Leader SMS Advanced. Precizna gnojidba obavljena je raspodjeljivačem gnojiva Bogballe M3W koji je pogonjen traktorom navođenim Paradyme sustavom tvrtke Ag Leader. Dobiveni podaci o aplikaciji gnojiva i podaci o ostvarenim prinosima pokazali su da se korištenjem ove tehnologije ostvaruju značajne uštede mineralnog gnojiva bez smanjenja prinosa šećerne repe.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Jurišić

Broj stranica: 63

Broj grafikona i slika: 38

Broj tablica: 5

Broj literaturnih navoda: 18

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: precizna poljoprivreda, GIS, GPS, navođenje poljoprivredne mehanizacije, gnojidba, šećerna repa

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, mentor
3. doc. dr. sc. Boris Đurđević, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Agriculture

University Graduate Studies, Plant production, course

Graduate thesis

The navigation of the agriculture machines and sugarbeet fertilization in the system of precision agriculture

Stanislav Stracenski

Abstract: The development of precision farming began with the introduction of GIS and GPS technology in agricultural mechanization. The main goal of precision farming is to make available a greater number of accurate information to the farmer when making decisions. Precision agriculture is accurately controlling the variations in the field to produce more food using fewer resources, while reducing the manufacturing costs and taking into account the increasingly important issue of environmental protection. This paper describes the systems which can be used for automatic guidance of agricultural machinery and also analyze the technology of fertilization of sugar beet in the system of precision farming in the company PIK Vinkovci dd. For the collection and processing of the data, the specialized GIS software for Agriculture Ag Leader SMS Advanced was used. Precision fertilization was carried out with Bogballe M3W fertilizer spreader which was powered by a tractor guided with Paradyme system of Ag Leader company. The obtained data on the application of fertilizers and data on actual yield showed that the use of these technologies generate significant savings of fertilizers without reducing the yield of sugar beet.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Jurišić

Number of pages: 63

Number of figures: 38

Number of tables: 5

Number of references: 18

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: precision farming, GIS, GPS, guiding of the agriculture mechanization, fertilization, sugarbeet

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, president
2. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, mentor
3. doc. dr. sc. Boris Đurđević, member

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