

## MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA SATELITSKOG POZICIONIRANJA U POLJOPRIVREDI

M. Demmel, H. Auernhammer\*

### TEHNIČKA SREDSTVA ZA LOCIRANJE OBJEKATA POMOĆU SATELITA

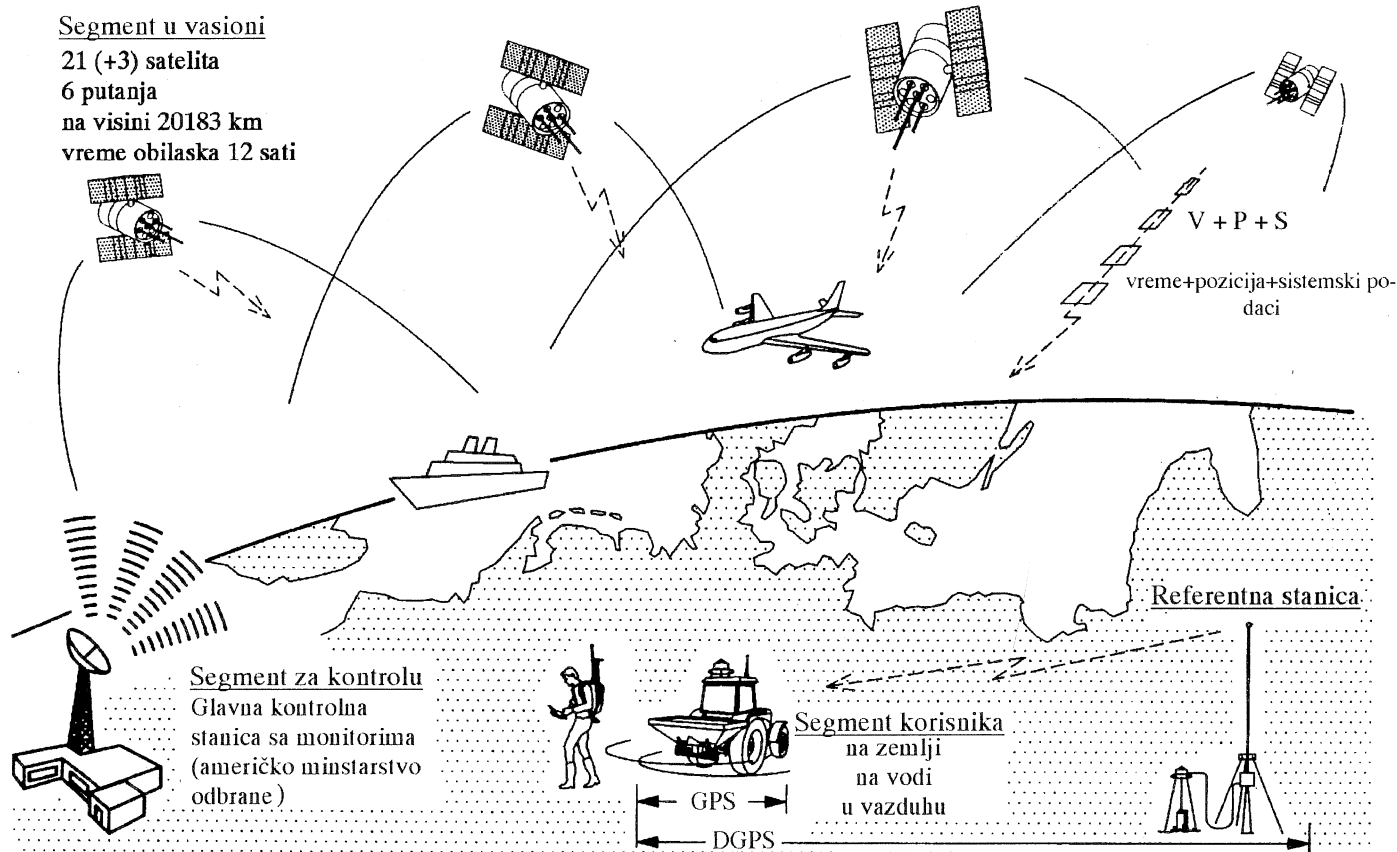
Sistem za pozicioniranje na globusu "Global Positioning System" (GPS) je sistem koji omogućuje lociranje i navigaciju u svako vreme, na celome globusu, i, za civilno korišćenje. On se ne primenjuje se samo u vazduhoplovstvu i pomorstvu nego i za drumski saobraćaj, pa i u poljoprivredi.

Početakom 70-tih godina u SAD i tadašnjem SSSR počela je nova era lociranja

i navigacije. Razvijan je sistem za vojnu upotrebu, sa željom da se pomoću novih tehničkih sredstava realizuju proverena znanja iz oblasti lociranja pomoću fiksnih tačaka na nebu i triangulacije. Tokom 20 godina nastala su dva skoro identična sistema sa nazivom "GPS" (Global Positioning System) i specifičnim nazivom u SAD "GPS-NAWSTAR" odnosno u SSSR "GLONASS".

Oni se sastoje iz 3 segmenta, sl.1.

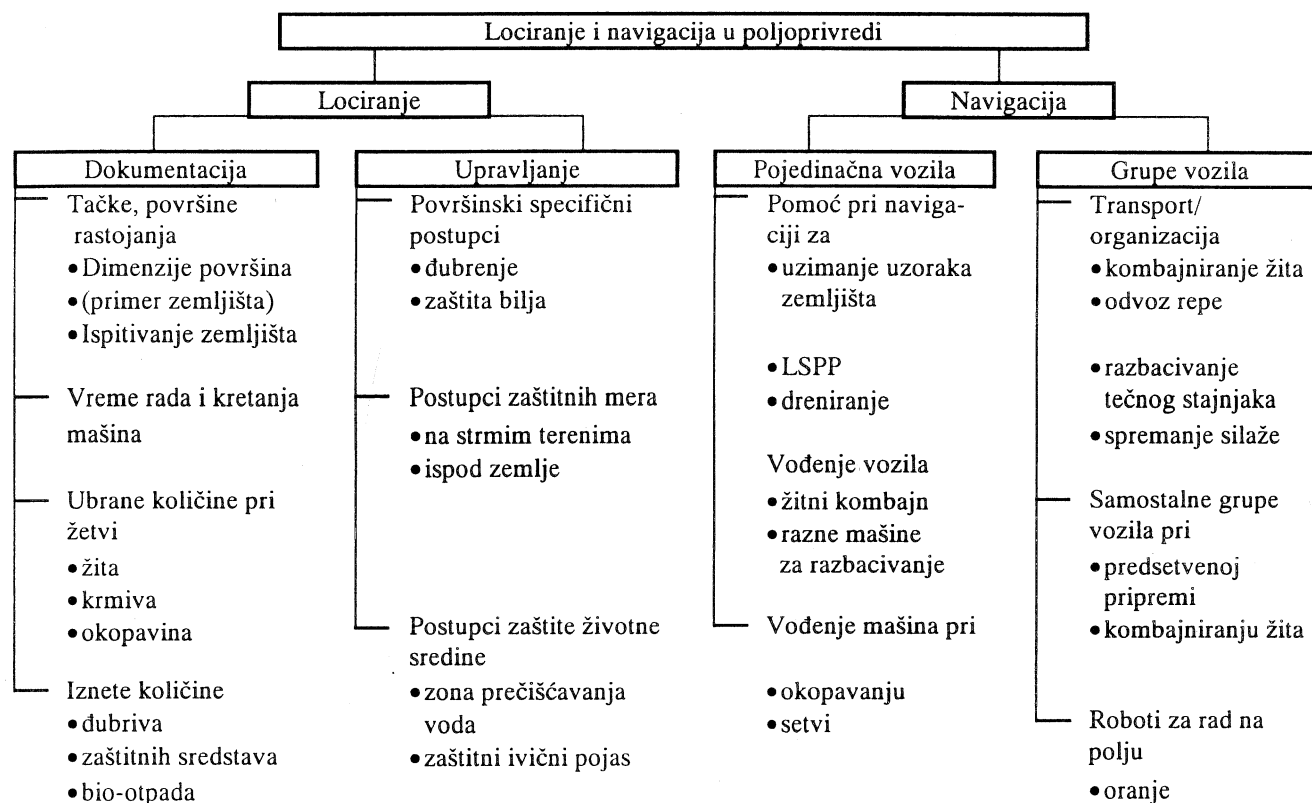
Segment na zemlji i kontrolni segment nadležni su za centralno upravljanje i centralni nadzor nad radom sistema. Segment koji se nalazi u vasioni sastoji se iz 24 satelita koji po različitim putanjama kruže oko zemlje na visini oko 20.000 km. Sateliti mogu da manevrišu i imaju visoko precizne atomske satove. Oni odašilju podatak



Sl.1. Princip rada sistema za pozicioniranje na globusu

Dr Markus Demmel, prof. dr Hermann Auernhammer, Institut für Landtechnik, TU München, Freising - Weihenstephan;  
Prevod: prof. dr Miloš Tešić

Tab. 1. Zahtevi u pogledu tačnosti koji se postavljaju za primenu GPS u poljoprivredi (oznaka LSPP = lokacijski specifična poljoprivredna proizvodnja)



"svetsko vreme" i podatak o sopstvenoj poziciji. Bitne razlike između SAD i SSSR sistema su:

NAWSTAR ima osnovnu tačnost između 15 i 20 m, za vojne namene. Taj signal civilni ne mogu da koriste. Za civilnu upotrebu signal se pogoršava po nepoznatom algoritmu na oko 100 m. Kao koordinatni sistem koristi se WGS 84 (World Geodetic System 1984).

GLONASS ima osnovnu preciznost 25 do 35 m. Može da se koristi kako za vojne tako i za civilne korisnike. Kao koordinatni sistem koristi se SGS 85 (Soviet Geodetic System 1985).

Segment korisnika sastoji se od prijemnika satelitskog signala. Oni mogu da se koriste na zemlji, vodi ili u vazduhu i to tako da istovremeno može da ih koristi neograničeni broj prijemnika. Određivanje pozicije radi se preko određivanja vremena kretanja signala u obliku trilateracije (merenje dužina). Za određivanje pozicije potrebna su bar tri satelita sa kojima može da se uspostavi pravolinijska vidljiva komunikacija (2D) ili četiri satelita (3D). U oba slučaja, jedan satelit služi za sinhronizaciju vremena između vasionog segmenta i segmenta korisnika.

Sistemi za satelitsko pozicioniranje uvek su opterećeni sa relativno velikom greškom. Pošto za sada još ne postoje jeftini prijemnici za sistem GLONASS, a naponi evropskih zemalja da izrade sopstveni civilni sistem još nisu urodili plodom, to će se prikazati sistem GPS NAWSTAR.

### POTREBNA TAČNOST I KOREKTURA GREŠKE

Zadaci pozicioniranja na poljoprivrednom gazdinstvu mogu biti veoma različiti. Pojednostavljeno može se govoriti o 4 potrebne klase tačnosti, tab.1.

Najniži zahtevi se postavljaju kada se radi upravljanja voznim mašinskim parkom traže mašine koje rade na udaljenim parcelama, vozila ili grupe vozila. Zahtevi su veći ako GPS treba da se koristi za informacije i dokumentaciju radi upravljanja sa lokalnim aktivnostima mašine. Oni se još više pooštavaju u slučaju da se želi da se pomoću njih upravlja vozilom (vozilo bez vozača, na primer žitni kombajn sa velikim radnim zahvatom). Najveći zahtevi postavljaju se za vođenje oruđa i radnih organa, na primer ako se GPS signali koriste za okopavanje biljaka-mehaničko uništavanje korova, čime bi se

izbeglo korišćenje hemijskih sredstava. Ovi poslednji zahtevi tačnosti za potrebe poljoprivrede budućnosti prevazilaze današnje mogućnosti satelitskog pozicioniranja. Međutim, rešenje može da bude korišćenje diferencijalnog sistema za satelitsko pozicioniranje (DGPS).

Kod DGPS sistema uvek se radi paralelno sa dva prijemnika, pri čemu se jedan prijemnik nalazi stacionarno na poznatoj poziciji. On određuje poziciju drugoga prijemnika na osnovu sopstvene pozicije u odnosu na satelit i aktuelne greške i saopštava je drugome prijemniku ili drugim prijemnicima. Korektura greške radi se istovremeno ili pak kasnije.

On line - DGPS: u mobilnim prijemnicima korektura greške radi se neposredno posle određivanja vrednosti za korekturu u stacionarnom prijemniku i prenosa toga podatka pomoću uređaja za telemetriju. Tačnost koja se dostiže zavisi od kvaliteta vrednosti za korekturu, njene starosti do momenta korišćenja u mobilnom prijemniku i od udaljenosti stacionarnoga prijemnika do mobilnog prijemnika. On line - DGPS, koji se naziva i RTDGPS (Real Time DGPS) može da se realizuje na tri različita načina:

Sopstvena stacionarna stanica se koristi kada ne postoji javni sistem za korekturu signala. Ovaj postupak zahteva izgradnju sopstvene stacionarne stanice (investicija oko 20.000 DM) a takođe i dodatne napore za rad te stanice kao i uređaje za telemetriju. Dozvoljeno je korišćenje odašiljača snage 2 W. Oni pokrivaju rastojanja 2-6 km.

Signale za korekturu emituje centralna stacionarna stanica. U Nemačkoj su za tu svrhu u izgradnji dve službe:

SAPOS (SAelliten POSition) je referentna služba geometarskih zavoda. Svaka savezna pokrajina ima jednu ili više stacionarnih stanica. Momentalno je u izgradnji sistem koji će pokrivati celu bivšu SRN. Signali se šire posredstvom specifičnih RDS odašiljača. Može da se dostigne preciznost 2-5 m. Za prijem su potrebni UKW prijemnici, pri njihovoj kupovini dobija se i plaća se ujedno i taksa za korišćenje, a cena odašiljača i takse za korišćenje iznosi oko 2.000 DM.

ALF (Accurate positioning by Low Frequency) je referentna služba koju razvija Telekom u saradnji sa Institutom za primenjenu geodeziju u Frankfurtu. Služba za korekturu radi sa samo jednom stacionarnom stanicom u Mainflingenu kod Frankfurta. Prenos korekturnih vrednosti je posredstvom dugih talasa RDS. I za ovaj sistem potrebni su specijalni prijemnici, njihova cena je oko 2.500 DM, a u nabavku je uključena i dozvola za korišćenje. Ova služba radi od januara 1997.godine i pokriva radijus od oko 600 km oko Mainflingena znači celu oblast SR Nemačke.

Korekturni signali šire se preko satelita za komunikaciju ili dodatnih satelita za pozicioniranje. Sistemi koji su u upotrebi ili koji se razvijaju poznati su pod imenima RACAL, OMNI-STAR.

Postprocessing DGPS: kod ovoga postupka podaci prijemnika i podaci stacionarne stanice istovremeno se

evidentiraju u prijemniku i potom dovode u vezu i koriguju. Prednost je što nisu potrebni uređaji za telemetriju. Postiže se i veća preciznost jer GPS greške mogu da se uoče i eliminišu. Nedostatak je da su potrebni veliki kapaciteti jedinica za evidenciju i čuvanje podataka i da sa ovim sistemom ne može da se izvodi navigacija sa mesta prijemnika.

### PRIMENA DGPS U POLJOPRIVREDI

DGPS u poljoprivredi može da se koristi za pozicioniranje i navigaciju, tab. 2.

Dostignuta preciznost DGPS zadovoljava sve današnje zahteve za dokumentaciju i upravljanje procesima u poljoprivredi. Moguća je i navigacija pojedinim vozilima. Dostignuta današnja preciznost DGPS dovoljna je i za upravljanje transportnim radovima u okviru menedžmenta voznog parka.

Lociranje: Prilikom lociranja snimaju se istovremeno i drugi podaci na mestu lociranja. Oni mogu da se evidentiraju ili pak da se upotrebe za neke upravljačke funkcije. Lociranje je prva i najbitnija primena sistema GPS za informisanje i dokumentaciju.

Automatizovano snimanje podataka o vremenu i putu: Današnjom GPS tehnikom se u vremenskom rasponu svake sekunde meri i određuje vreme i mesto. Time se u transportu kontinualno određuje pređeni put, potrebno vreme i aktuelna brzina vožnje, ukupno pređeni put, i srednja brzina vožnje.

Određivanje površine: Pri kombajniranju i drugim radovima u žetvi prvo se vozi duž svih ivica polja koje se žanje. Današnji algoritmi softvera omogućuju da se pomoću GPS automatski odredi površina sa greškom do 1%.

Određivanje površinskog učinka: Za svaku pojedinu parcelu može, naravno automatski, da se izvede potpuna analiza radnoga vremena. Za to se koristi podatak o

ukupnoj obrađenoj površini i odgovarajućem potrebnom vremenu. Iz toga se određuje ukupni učinak rada i ostvareni učinak po jedinici površine. Ako se u proces uvedu i podaci koji se dobijaju preko drugih senzora koji se već nalaze u mašini, tada su moguće i finije analize. Tako na primer sistem GPS (mesto + vreme) u vezi sa senzorima za "vožnju = impulsi točka", "vađenje = vožnja + radni organi za vađenje u radnom položaju" i "pražnjenje = uključena traka za pretovar" daju detaljnu analizu utrošenog vremena i učinaka kombajna za repu ili krompir. Oni omogućuju kako bolju ocenu obrađenih površina tako i radnika, rukovalaca mašina, sl. 2.

Lokalno određivanje prinosa: Ovo je centralno pitanje današnjih diskusija o primeni DGPS. Dve bitne komponente sistema lokalnog određivanja prinosa su sistem za merenje prinosa i tehnika za lociranje - utvrđivanje tačne pozicije na kojoj se javlja izmereni prinos. Za izradu karata prinosa potrebni su i posebni programi za obradu vrednovanje i analizu podataka. Sistem za merenje prinosa kod kombajna obuhvata prinose po površini. Zajedno sa njima na čip kartu se evidentiraju precizne koordinate mesta i druge potrebne dodatne informacije. Na posebnom računaru na gazdinstvu ovi podaci se obrađuju pomoću odgovarajućeg softvera i rade se karte prinosa.

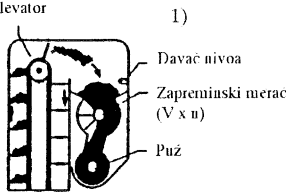
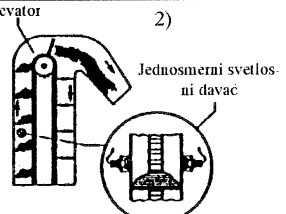
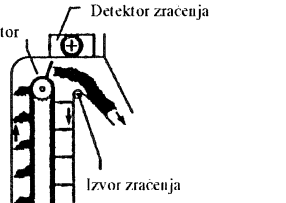
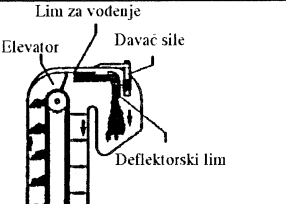
Postoji dosta veliki broj komercijalnih sistema za određivanje prinosa koji žitni kombajn žanje na određenom mestu ali se u osnovi razlikuju dva principa funkcionisanja. To su određivanje zapremine i određivanje mase, sl. 3.

Kod određivanja zapremine tok zapremine požnjevenog materijala se meri direktno (točkom sa ćelijama) ili indirektno (sistemom sa svetlosnim zrakom) i potom preko hektolitarske težine preračunava na realni tok mase. Nasuprot tome pri

Tab. 2. Primena DGPS za lociranje i navigaciju u poljoprivredi

Potrebna tačnost	Zadatak	Primer primene
10 m	Navigacija	Pretraga parcela (rad sa mašinama na više gazdinstava) Pretraga skladišta (u šumarstvu)
1 m	Obavljanje radova Informacije Dokumentacija	Radovi na polju: Određivanje prinosa Đubrenje Zaštita bilja Uzimanje uzoraka zemljišta za ispitivanje svojstava Mere raznih zaštita Automatizovano snimanje podataka
10 cm	Vođenje vozila	Povezivanje susednih prohoda po polju sa mašinama velikog radnog zahvata Kombajniranje žita
1 cm	Vođenje radnih organa mašina	Mehaničko uništavanje korova

Tab. 3. Tačnost sistema za merenje prinosa na kombajnim

Merni princip	Merni uređaj, proizvođač	Šema rada	Obim ispitivanja, god./pov.	Kombajn Broj vrsta Merenje težine	Relativna greška kalibriranja, %	Relativna greška merenja, %
Protok zapremine	YIELD-O-METER CLAAS		2 godine 90 ha	1 tip kombajna 2 vrste žita 79 bunkera	-1,04	7,54
	CERES 2 RDS		3 godine 140 ha	3 tipa kombajna 2 vrste žita 179 bunkera	-0,14	6,86
Protok mase	FLOWCONTROL MASSEY FERGUSON		2 godine 140 ha	2 tipa kombajna 2 vrste žita 132 bunkera	-1,01	1,01
	YIELD MONITOR AG-LEADER LH AGRO LH 565		3 godine 130 ha	3 tipa kombajna 4 vrste žita 182 bunkera	-1,83	8,13

određivanju toka mase požnjeveni materijal se vodi kroz snop radioaktivnog zraka pa se meri prigušenje radioaktivnog zraka i preko njega utvrđuje protok mase ili se meri dejstvo materijala na davač sile.

Prvi sistem za zapreminsko određivanje prinosa bio je YIELD-O-METER firme Claydon razvijen 80-tih godina. Pri vrhu elevatora zrna kombajna ugrađen je točak sa ćelijama, sa malim rezervoarom. Kada je rezervoar napunjen zrnom uključuje se točak sa ćelijama i on počinje da prazni rezervoar. Kada je rezervoar prazan točak sa ćelijama se isključuje pa rezervoar može opet da se puni. Protok se izračunava određivanjem broja obrtaja točka sa ćelijama i zapremine ćelija i hektolitarske težine ovršenoga materijala. Hektolitarska težina mora da se odredi ručno pomoću mernoga cilindra i opružne ili neke druge vage.

Kod svih drugih sistema merenja paralelno sa merenjem protoka meri se i brzina vožnje a ubacuje se i podatak o širini radnoga zahvata pa se na osnovu njih određuje aktuelni površinski učinak.

Preračunavanjem momentalnoga protoka sa aktuelnim površinskim učinkom određuje se površinski prinos na jedinici površine.

Svetlosni zrak koji prolazi poprečno kroz elevator zrna koristi se za indirektno određivanje zapremine. Zrakom svetlosti određuje se visina gomile zrna na lopatici elevatora. Iz visine gomilice može da se izračuna zapremina gomilice zrna na lopatici elevatora a potom da se preračuna u prinos. Od 1993.godine RDS nudi takav sistem merenja pod nazivom CERES II. On može da se ugradi u većinu tipova kombajna. Noviji sistem za određivanje prinosa firme Claas pod nazivom KVANTIMETER II takođe je zasnovan na tehnici svetlosnog zraka.

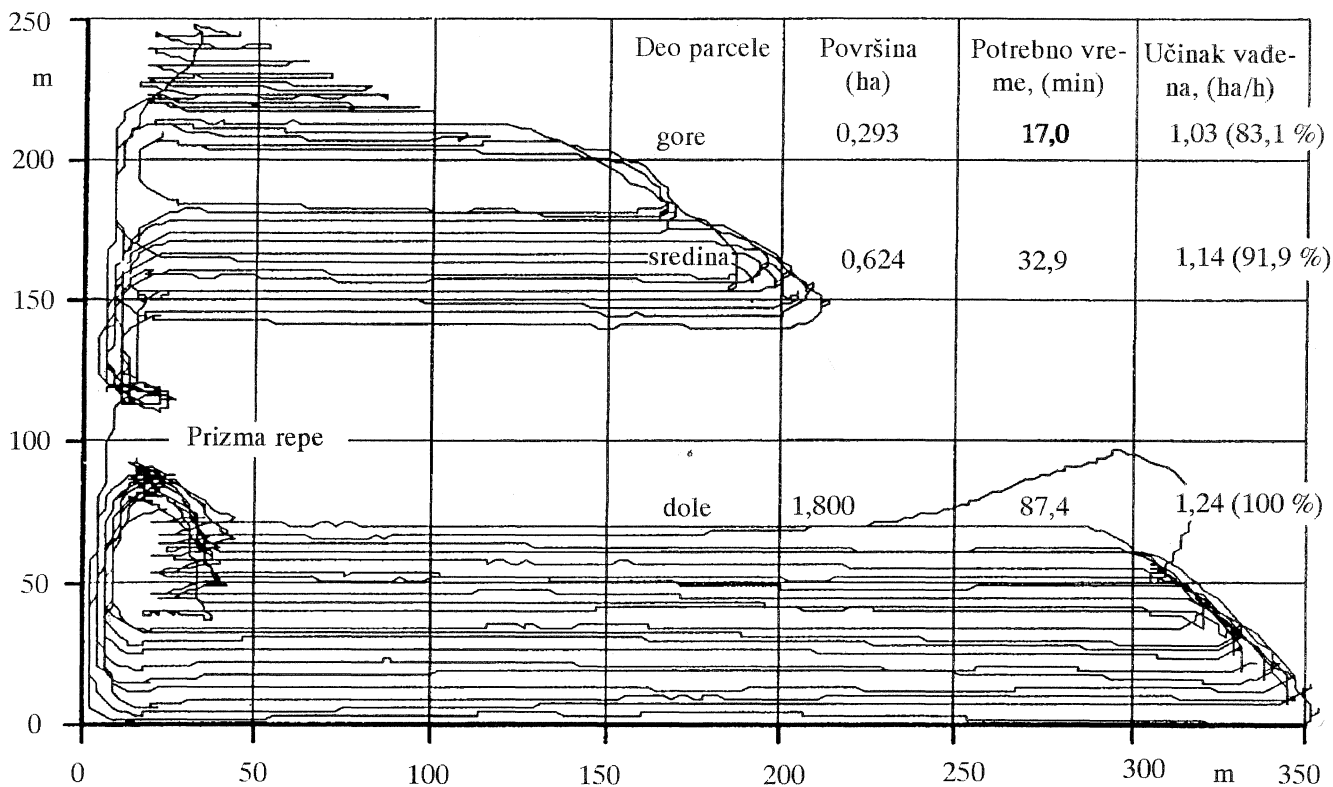
Uređaj koji se pojavio na tržištu posle YIELD-O-METER-a bio je uređaj za radiometrijsko merenje protoka mase. Određivanje prinosa opet je bilo pri vrhu elevatora zrna. Detektor evidentira prigušenje zraka. Kao izvor zraka koristi se slabi radioaktivni izvor. Vrednosti protoka i u ovom slučaju preračunavaju se iz površinskog učinka do površinskog prinosa po jedinici površine i zapisuju se zajedno sa

podacima o koordinatama mesta. Ovaj sistem merenja razvija i nudi firma Massey Ferguson od početka 90-tih godina a oznaka mu je FLOW CONTROL. Specifičnost sistema razvijenog pod imenom "FIELD STAR" je da ima terminal za prikazivanje i opsluživanje - displej u "Touch-screen" tehnici.

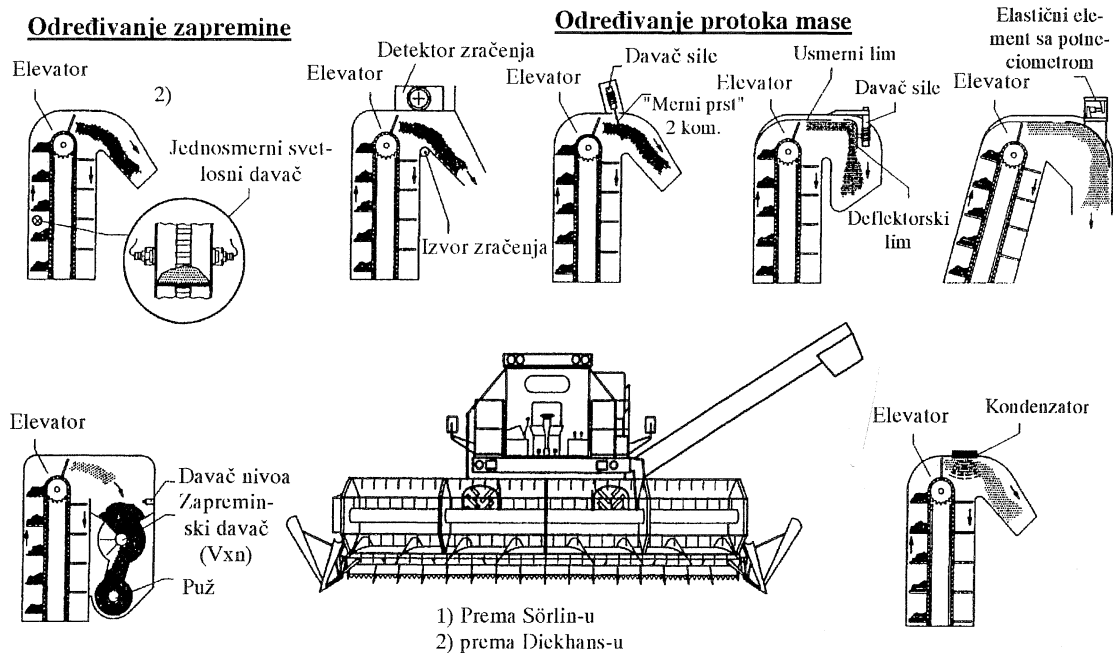
U SAD su razvijena tri merna sistema za određivanje protoka mase zasnovana na merenju sile ili impulsa.

Ta tri rešenja međusobno se razlikuju pre svega po načinu merenja sile ili impulsa i načinu gradnje senzora sile. Za merenje sile koriste se zubi, prave ili savijene ploče. Kao senzori sile primenjuju se elementi za merenje sile (savitljivi štapovi sa mernim trakama) i elastični elementi sa električnim davačima puta. Firma Micro-trac za snimanje impulsa koristi u svome sistemu pod nazivom GRAIN-TRAC dva čelična zuba. Merni sistem ove firme može da se ugradi u sve tipove kombajna.

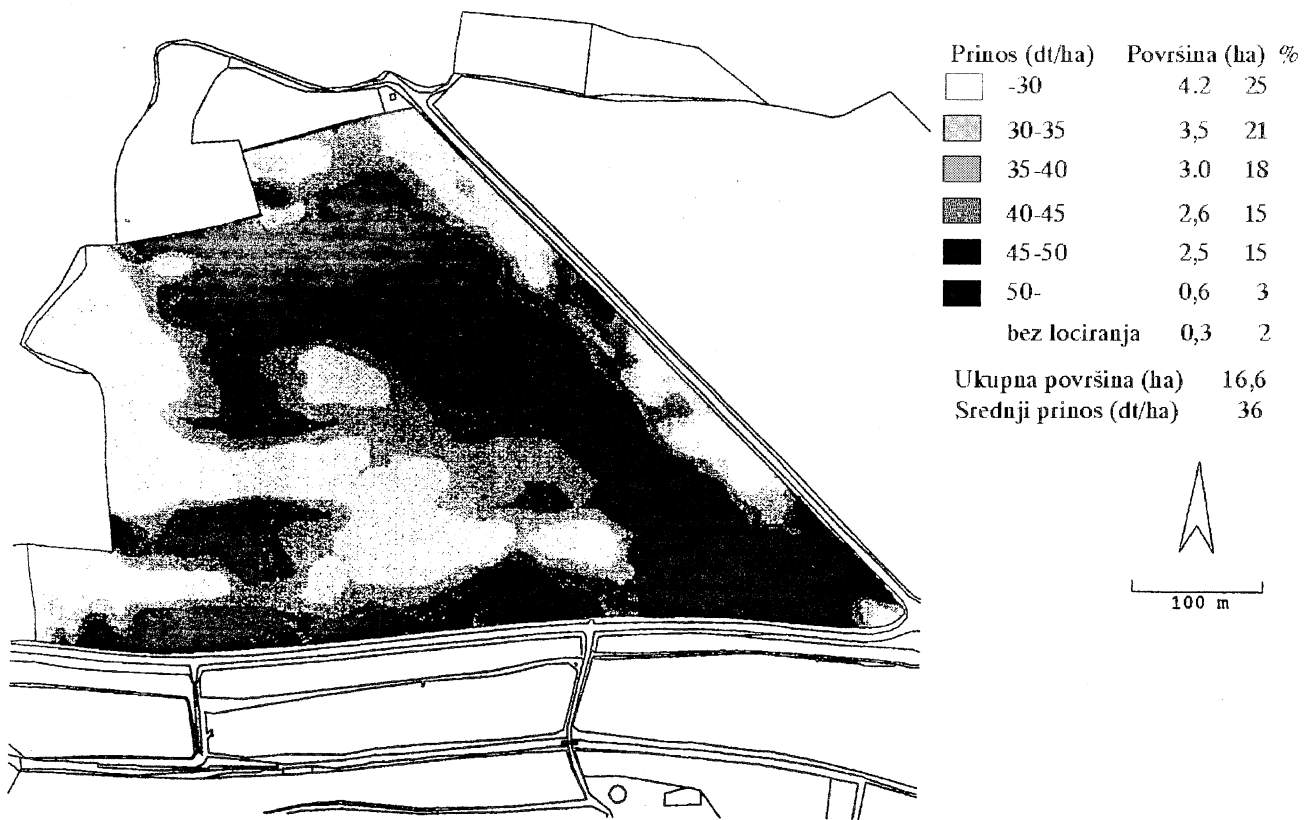
Na suprot njemu kod sistema YIELD-MONITOR 2000 firme Agleader primenjena je odbojna ploča dimenzije 120x120 mm koja je postavljena pod pravim uglom u odnosu na



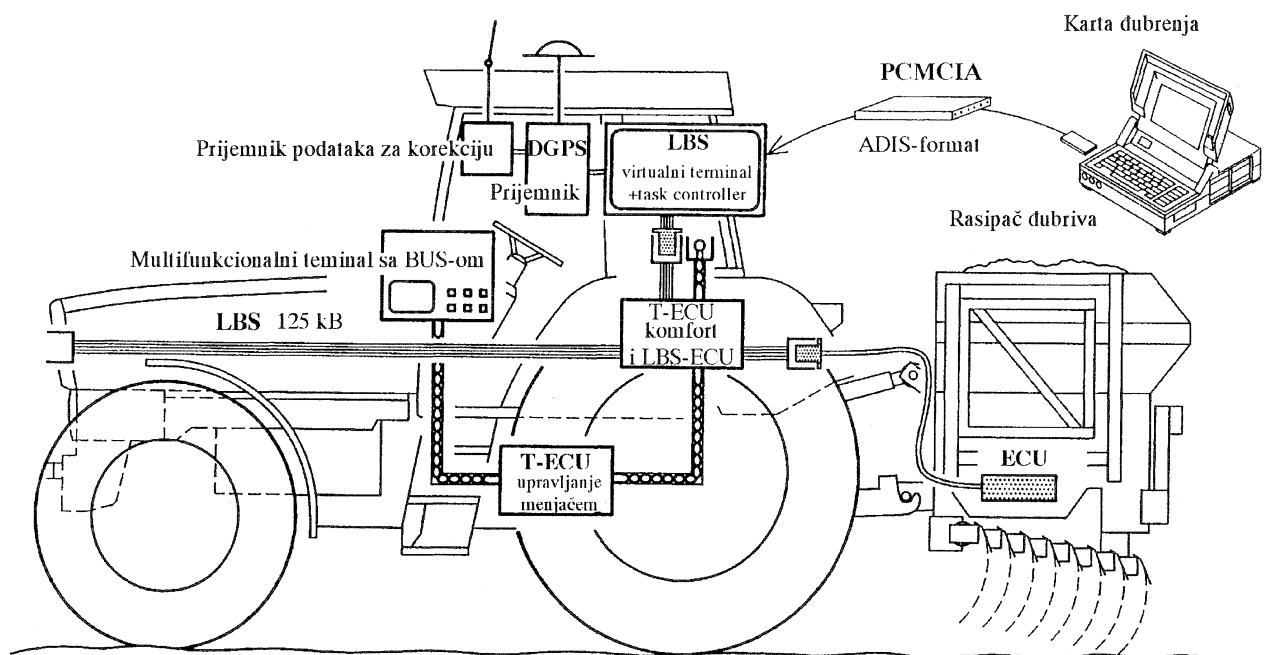
Sl. 2. Analiza radnog vremena šestorednog samohodnog kombajna za šećernu repu, žetva 1995, Holmer klasik, Maschinenring Dachau



Sl. 3. Postupci za kontinualno merenje protoka i prinosa u žitnom kombajnu



Sl. 4. Karta prinosa "Scheyern Flachfeld 1992"



Sl. 5. Lokacijski specifično razbacivanje mineralnog đubriva sa GPS i LBS

T - ECU = Traktorski interni računar za radove (ECU)      DGPS    Diferencijalni GPS  
 ECU    = Elektronska upravljačka jedinica Jobcomputer (ECU) u LBS    CAN BUS u traktoru, usaden, nezaštićen, kapac. pren. 100kB  
 LBS    BUS sistem za poljoprivredu

pravac odbacivanja zrna a u vezi je sa čelijom za merenje sile. Brzina materijala izvodi se iz brzine kretanja elevatora, koja se određuje senzorom broja obrtaja. Američki proizvođač poljoprivrednih mašina Case nudi ovaj sistem merenja za određivanje lokalnog prinosa pod nazivom "Advanced Farming System". U Evropi ovaj uređaj nudi se pod imenom YIELD-LOGGER LH 565 firme LH Agro, a može da se ugradi u različite tipove kombajna.

Sistem za merenje prinosa firme John Deere pod imenom GREEN STAR ima kružno savijenu odbojnu ploču širine oko 400 mm preko cele širine elevatora zrna. Merenje sile je preko jednoga elastičnog elementa čiji otklon se određuje preciznim potencijometrom. Ovaj merni sistem zasada može da se ugrađuje samo u John Deere kombajne američke produkcije.

### **PRECIZNOST ODREĐIVANJA PRINOSA**

Polazeći od komponenti sistema za određivanje lokalnog prinosa mogu se definisati sledeće greške koje utiču na ukupnu grešku. To su:

- greška u merenju prinosa i protoka
- greška u određivanju površinskog učinka
- greška pri pozicioniranju - lociranju
- greška pri analizi i kartiranju prinosa.

Osim greške sistema za merenje prinosa koji proizilazi iz merenja protoka, na pogrešan podatak o površinskom prinosu utiče i eventualno pogrešno određivanje površinskoga učinka. Uzrok greške pri određivanju protoka može biti rdavo kalibriranje ili znatno odstupanje svojstava materijala, ali u većini slučajeva ipak na to najviše utiče vrsta i princip rada mernog sistema. Ove greške imaju velikog uticaja i mogu da se ustanove posebnim ispitivanjem.

Netačnosti pri određivanju površinskoga učinka koje utiču na proračun površinskog prinosa zasnivaju se na tome da još nema uređaja koji bi automatski određivao stvarnu širinu radnog zahvata. Širina radnog zahvata koja se uzima kao polazni podatak za određivanje površine je podatak koji kod svih mernih sistema u proračun unosi rukovalac mašine. Ako realan radni zahvat odstupa od navedene vrednosti tada se javljaju greške. One se značajno nagomilavaju ako oblik polja nije pravougaoni nego ima mnogo krakova. Greške u određivanju pozicije - lokacije imaju uticaja samo onda ako su pri lociranju jako veliki skokovi. Oni mogu da se uoče ispitivanjem pouzdanosti i eliminišu pri evidenciji podataka. Ako kombajn za sekundu pređe 10 ili 50 m, očigledno je da se radi o greški pri lociranju. Takvi podaci lako mogu da se odstrane. Za laika ali i za

stručnjaka veoma je teško da uoči greške pri analizi podataka naročito pri geostatističkim proračunima. Kod analize podataka mora da se dovede u vezu vrlo mnogo različitih parametara. Vrednost svakoga pojedinačnog parametra, ali i njihov međusobni odnos mogu znatno da utiču na rezultat kartiranja prinosa. U ovim slučajevima korisnik mora potpuno da se prepusti ekspertizi programera.

Od 1990.godine u Institutu za poljoprivrednu tehniku u Weihestephanu ispitivana je tačnost četiri sistema za određivanje prinosa pri praktičnom radu sa 8 različitih tipova kombajna. Svakim sistemom je izmereno između 80 i 180 napunjenih rezervoara zrna. Pre i za vreme rada merni uređaji su kalibrirani prema uputstvima proizvođača, tab. 3.

Ohrabrujuće je, da i pored toga što su korišćena dva različita principa merenja i četiri različita merna uređaja kod svih njih se uočava sličan - isti nivo greške. Srednja greška pokazuje u stvari postignutu tačnost kalibriranja. Vrednost bliska nuli predstavlja optimum, ali se on teško može postići.

### **UREĐAJI ZA MERENJE PRINOSA PRI RADU U PRAKSI**

Za opisivanje stvarne greške merenja korišćeno je standardno odstupanje greške merenja. Ono odstupa, u zavisnosti od sistema merenja između 3,5 i 4%. Dodatno treba primetiti, da su ispitivanja izvedena na lako, a ponekad čak i dosta nagnutim terenima.

Da bi preciznost mernih uređaja za merenje prinosa na kombajnama mogla da se ispituje u istim, standardizovanim uslovima, 1996.godine je u Institutu za poljoprivrednu tehniku Weihestephan projektovano i izgrađeno jedno postrojenje za ispitivanje. Ovo postrojenje za ispitivanje može da radi sa protocima između 0 i 40 t/h a u podužnom i poprečnom pravcu može da se nagne za 15°.

Cilj ispitivanja na ovome eksperimentalnom postrojenju je da se odredi tačnost mernih uređaja pri različitim protocima i podužnim i bočnim nagibima. Pre merenja uradi se kalibracija prema uputstvima proizvođača.

Ispitivanja su pokazala da su svi merni sistemi reagovali na različite načine na različite zadate uslove.

### **POTREBNE INVESTICIJE**

Različiti sistemi za merenje prinosa imaju i različite cene. Potrebne investicije za opremanje žitnog kombajna ovom opremom su od 12.000 do 25.000 DM.

Sistemi za merenje prinosa useva koji se ne vrše su još u fazi razvoja. Postoji

četvorogodišnje iskustvo sa radiometrijskim sistemom za merenje prinosa na krmnim kombajnama. Taj merni sistem zasniva se na merenju toka mase. Postignuta preciznost je slična kao kod sistema na žitnim kombajnama. Takođe se već više godina vrše razvojna ispitivanja za određivanje prinosa pri radu prese za valjkaste bale kao važne mašine za spremanje slame, sena i silaže. Meri se masa celoga vozila preko osovine i rude - poteznice. U uslovima dinamičkog rada mašine ima još uvek dosta teškoća, zbog udara koji se javljaju prilikom vožnje mašine po polju a teško mogu da se izdvoje iz mernog zapisa.

Kod vadalice šećerne repe repa se elektronski broji i potom proračunava protok peko srednje mase repe. Druga ideja je ideja koju zastupa Landtechnik Weihestephan, a to je merenje sa jednom vrstom trakaste vage u transportnom elevatoru. Prvi rezultati iz godine 1996. pokazali su pozitivne činjenice ali i potrebu da se ovaj sistem i dalje razvija.

U SAD je razvijen merni sistem za određivanje prinosa na mestu pretovara kod dvorednih i četvororednih vadalica krompira. On takođe radi sa trakastom vagom a ima i algoritam koji filtrira - odbacuje uticaje kretanja mašine po polju. Probna serija je puštena 1997.godine a prva serijska proizvodnja biće 1998.godine.

### **SOFTWARE ZA KARTIRANJE PRINOSA**

Glavni cilj lokalnog određivanja prinosa je izrada karata prinosa i njihova vizuelizacija. Za to su potrebni specijalni kompjuterski programi korespondencije. Oni treba da ispune sledeće zahteve:

- da imaju mesta ukrštanja za transfer podataka
- da omogućuju kontrolu pouzdanosti - verovatnoće i prvu obradu podataka o prinosu koji se određuje u pojedinim tačkama polja
- da omogućuju interpolaciju podataka iz pojedinih tačaka za kartiranje prinosa
- da omogućuju vizuelizaciju karata prinosa na ekranu i njihov otisak na papiru

Kao mesto korespondencije za transfer podataka između kombajna i računara po pravilu se koriste čip karte veličine kreditne kartice. Trend je ka korišćenju PCMCA kartica kapaciteta 1-4 Mbyt. Pre stvarne analize i obrade podataka o prinosu u pojedinim tačkama kod svakoga kartiranja prinosa treba da se izvrši prethodna obrada odnosno kontrola pouzdanosti i verovatnoće polaznih izmerenih podataka. Ovim se uočavaju i eliminišu pogrešne vrednosti.

Potreban je interpolacioni postupak da bi se sa podataka o prinosu u pojedinim tačkama prešlo na prikaz prinosa po površini polja. Interpolacijom se procenjuju vrednosti prinosa između poznatih izmerenih tačaka.

Zadatak vizuelizacije kartiranja prinosa je da se rezultati predstave na način na koji će svako lako shvatiti podtke o prinosu na jednoj parceli. Zbog toga se izračunata vrednosti podataka o vrednosti prinosa razvrstavaju po klasama prinosa i prikazuju bojama ili izolinjama sl. 4.

Softverski proizvodi za kartiranje prinosa su programi Agromat firme Claas, Dielma firmi Massey Ferguson i Fertitopol firme KW computer Bautzen. Osim osnovnih funkcija programa za kartiranje prinosa moguće su i neke dodatne funkcije kao na primer menedžment naloga ili upravljanje osnovnim bazičnim podacima.

Preko lociranja moguće su i aktivnosti iz područja upravljanja. Tako može da se da nalog da se izvedu lokalne operacije ako postoje uputstva za potrebno doziranje na određenoj površini.

Stručno znanje poljoprivrednika je presudno za način i količinu korišćenja mnoštva mogućnosti dokumentacije. Ne treba zaboraviti da će time upravo preduzimačima biti omogućen rad sa manje kvalifikovanim osobljem. Pritom automatski nastaje dokumentacija o izvršenim delatnostima koja se prikazuje kao dokaz nadležnim poreskim organima. To je dakle mogućnost kojom se utiče na povećanje kvaliteta preduzimača i time poboljšava konkurencija među preduzimačima.

### **ĐUBREDNJE PREMA POTREBI POJEDINIH POVRŠINA - LOKACIJSKI SPECIFIČNO ĐUBRENJE**

Posle određivanja prinosa na svakoj lokaciji polja, a uz korišćenje podataka iz ispitivanja zemljišta na toj lokaciji, danas se ostvaruje ideja specifičnog gazdovanja time što se obavlja i specifično đubrenje.

Dve osnovne komponente sistema za lokacijski specifično đubrenje su po ceni povoljni i pouzdani sistem za lociranje i uređaj za elektronsko regulisanje rasipača mineralnog đubriva uz brzo i sigurno podešavanje potrebne količine koja će se rasipati. Za uspeh ovoga danas još dosta zahtevnog koncepta specifične biljne proizvodnje potrebno je da svaka komponenta sistema sigurno i pozdano deluje. To nikako ne znači, ono što je do sada bilo uobičajeno u oblasti primene elektronike u poljoprivredi, da sve komponente treba da budu od istoga proizvođača. U takvom slučaju najznačajniji nedostaci bili bi

povećane investicije, nesigurnost pri rukovanju sa različitim sistemima, a naročito teškoće pri razmeni podataka. Samo otvoreni sistem koji je u skladu sa standardom, može da udovolji visokim zahtevima. U fazi standardizacije upravo se nalazi poljoprivredni BUS sistem (MLBS) koji je predviđen za zahteve specifične biljne proizvodnje i stoga omogućava povezivanje (bez problema) elektronskih komponenti različitih proizvođača. Više proizvođača već od 1997. godine nude LBS uređaje za lokacijski specifično đubrenje.

### **BUS SISTEM KAO OSNOVA ZA ĐUBRENJE**

Za lokacijski specifično đubrenje pored uređaja za lociranje potrebne su i mašine za izbacivanje đubriva sa elektronskom regulacijom. Danas ima nekoliko rasipača mineralnih đubriva koji se mogu opremiti uređajima za elektronsko regulisanje količine koja se izbacuje. Neki od njih mogu da se koriste i sa poljoprivrednom bus sistemom, sl. 5.

U DIN 9684 deo 2 - 5 su standardizovani poljoprivredni bus sistemi. LBS propisuje sastav i funkciju elektronskog sistema za razmenu podataka i informacija između traktora i oruda. Primenom poljoprivrednog bus sistema za razmenu podataka po dve magistrale otpadaju mnogi spojni vodovi između elektronskih komponenata. Osim terminala za upravljanje koji ima i priključak na DGPS prijemnik a takode i na računar za obradu elektronske karte đubrenja (Task Controller) potreban je procesni računar (ECU) na rasipaču mineralnog đubriva. On sadrži specifični upravljački program za đubrenje a preko busa dobija uputstva "uključeno-isključeno", podatak o potrebnoj količini koju treba rasuti i informacije o potrebnoj širini radnog zahvata i brzini vožnje. Ako na traktoru već postoji mesto za komunikaciju sa LBS tada on daje informacije o brzini vožnje i broju obrta priključnog vratila. Time više nisu potrebni dodatni senzori.

Za praktičan rad na polju pri razbacivanju đubriva potrebne su "instrukcije za rad" sistema. One se nalaze u centralnom računaru na gazdinstvu kao i podaci o podeli parcela na zone, sa navodnom različitim količina đubriva koje na njima treba rasuti. Sadržaj i način formiranja ove baze podataka je takode standardizovan da bi Task Controller različitih proizvođača mogao da razume instrukcije za rad. Odgovarajućim programom moraju takode da budu obuhvaćene zone koje treba tretirati kao i količine koje treba rasuti, a takode i podaci o prinosu, kvalitetu zemljišta i oblicima parcela

### **PRVA ISKUSTVA**

U periodu 1993 do 1996 u Nemačkoj, Velikoj Britaniji, Danskoj i SAD izvedeni su brojni eksperimenti sa programiranim đubrenjem. U svim tim eksperimentima radom rasipača đubriva upravljano je preko računara koji se nalazio na traktoru a imao je priključak na DGPS. Mada se uglavnom radilo o pojedinačanim rešenjima svi su oni imali visoku pouzdanost u radu. Problemi su se javljali uglavnom u području podataka za upravljanje mašinama.

Objavljeni rezultati vrednovanja prinosa biljaka ostvareni sa programiranim i preko DGPS upravljanim đubrenjem u poređenju sa uobičajenim "homogenim" đubrenjem ukazuju na moguće uštede đubriva između 3 i 9% pri ostvarenom istom ili nešto malo povećanom prinosu. Eksperimenti Landtechnik Weihenstephan izvedeni 1995 i 1996. godine u kojima je prvo jedan poljoprivredni bus sistem ispitivan u laboratoriji a potom primenjen pri razbacivanju mineralnog đubriva (KAS) na 6 ha pokazao je da su ostvareni željeni rezultati.

Prednosti koje su već do sada pokazane pri lokalno različitom tretiranju površina mogle bi još da se upotpune posebnim aktivnosima uz korišćenje GPS:

Za preduzimače bi bilo interesantno da se traktoristi signalizira da nailazi na zonu sa nekom opasnošću, na koju treba da obrati posebnu pažnju. Ovo je značajno jer se kod preduzimača vozači - traktoristi menjaju pa jedan drugom ponekad ne prenose zapažanja o situaciji na pojedinim delovima polja;

Slično je i kod zaštitnih mera u odnosu na životnu okolinu pri čemu opet upravo preduzimači kod kojih se stalno menja personal mogu imati velike koristi. On može davanjem signala da upozori na zaštitnu zonu odnosno da traktorista više obrati pažnju na nju ili pak da automatski isključuje doziranje zaštitnog sredstva ili đubriva.

### **NAVIGACIJA**

Korišćenjem GPS moguća je navigacija tako da je olakšano vođenje pojedinačnih mašina ili čitavih grupa mašina. Današnja preciznost tehničkih



uređaja još ne omogućuje potpuno automatsko vođenje mašina ali treba znati da se intenzivno radi i u ovoj oblasti.

### *POJEDINAČNA VOZILA*

Navigacija satelitima bi mogla da ima veliki značaj pri primeni jednog novoga postupka za uzimanje uzoraka zemljišta za ispitivanje zemljišta.

Već pri prvom ispitivanju zemljišta mogla bi se sačiniti jedna vrsta inventara hranljivih materija. Sledećih godina bi se uz pomoć navigacije vozilo do tačno određenih mesta na kojima se uzimaju uzorci zemljišta i mogla bi da se ustanovi vremenska promena svojstava zemljišta. Time bi se ostvarile još i sledeće prednosti:

- merenje i određivanje kontura pojedinih površina pri inventarisanju hranljivih materija;

- pri prvom inventarisanju uzorci bi bili uzeti sa zaista slučajno odabranih lokacija;

- potrebni broj uzimanja uzoraka tokom sledećih godina bio bi smanjen, uz smanjenje troškova veću verovatnoću iskaza i zadovoljenje obaveze dokumentovanja podataka o zemljištu prema važećim propisima.

Navigacija bi mogla da bude veoma značajna i pri žetvenim radovima sa samohodnim mašinama velikog radnog zahvata, pre svega pri kombajniranju žitnim kombajnom. Njena primena na poljoprivrednim gazdinstvima će se veoma brzo proširiti, a pre svega kod onih preduzeća koja vrše usluge drugima, čim se dostigne situacija da se uz prihvatljive troškove i dovoljnu pouzdanost postigne potrebna preciznost sa DGPS. To bi rezultiralo sledećim tokom radova, sl. 6.

- vožnja po obimu parcele uz ručno upravljanje vozilom, pri tome se vrši merenje polja i definišu važeće granice parcele;

- prosecanje parcele prema optimiziranim zahtevima obrade sa manuelnim upravljanjem;

- rad gore - dole sa automatskim vođenjem mašine duž prethodno obrađene površine sa ručnim okretanjem na uvratinama;

- istovremeno stalne informacije o već obrađenoj površini, površini koju još

treba obraditi i svim parametrima u vezi sa njima potrebnim za nadzor rada (menadžment voznog parka);

- vršaj preostalih površina i prosecanje preostalih zatvorenih površina sa ručnim upravljanjem.

Budućnost će pokazati kako će se razvijati tehnika za upravljanje radnim organima poljoprivrednih mašina. Te funkcije će u budućnosti moći da se realizuje kada satelitski sistemi za lociranje zahvaljujući jačim impulsima budu u području 5-10 m a odgovarajuće vrednosti diferenciranoga postupka u području santimetara i milimetara.

### *GRUPE VOZILA*

Grupe vozila su interesantne radi upravljanja voznim parkom. Ta ideja će se svrsishodno realizovati onda kada za pojedine mašine i transportne jedinice bude postojala mogućnost povezivanja lokalne informacije sa automatizovanim prenosom podataka.

Najveći značaj navigacije u poljoprivredi biće u mogućnosti menadžmenta velikih voznih parkova za transport i u mogućnosti nadzora nad radom većeg broja žetvenih mašina kada se rade usluge na više gazdinstava.

Za tu svrhu uzeće se hardver i softver iz privrednih grana koje imaju slične probleme, a komunikacija će biti preko relativno jeftinih i pouzdanih kanala. Drugi zadaci menadžmenta voznog parka sve do zamišljenog robota koji vozi po polju bez vozača su zadaci malo dalje budućnosti.

### *POUZDANO*

#### *POZICIONIRANJE SAMO UZ KORIŠĆENJE UPARENIH SISTEMA*

Ne sme se zaboraviti da i pored korektura greške danas još nije uvek obezbeđena potrebna tačnost. Tako na primer relativno slabi signali satelitau blizini šuma, na ivici šuma, pored žbunja, i na poljskim stazama dovode do zasenčenja signala čime je prijem signala ili prigušen ili potpuno prekinut. Može se zamisliti i prijem signala sa više puteva, kada se na primer signal koji dolazi reflektuje o delove mašine i potom sa malim vremenskim pomerajem ipak dospe do antene prijemnika. Ovi efekti

mogu nastati u blizini visokih zgrada (dakle unutar ekonomskog dvorišta) ali i na ulicama naselja.

Za egzaktno lociranje i navigaciju tokom dužega vremena trebalo bi da se omogući korišćenje uparenih potpornih sistema. Za to su pogodni:

- senzori točkova;

- senzori radara;

- inercijalni sistemi za snimanje prostornih promena na bazi žiroskopa ili kombinacije više senzora.

GPS ostaje sistem koji se sastoji iz više komponenata, a koji se za zadatke navigacije dodatno još proširuje sa uređajima za vođenje ka nekom cilju. Ovdje se radi o informacijama o prostoru koje već postoje ili koje treba tek dobiti. To mogu biti informacije o poljima i o putevima koje su već evidentirane i koje se nalaze na CD-romu slično kao kod sistema koji su u primeni za navigaciju putničkih automobila. S druge strane radi se o koordinatama polja, koje tek treba da se definišu vožnjom po polju i potom da se vizueliziraju za navigatorske zadatke a prethodno da se koriste za proračune.

### *POTREBNA JE*

#### *STANDARDIZOVANA*

#### *KOMUNIKACIJA*

Bez obzira na to u kom obliku će se lociranje pomoću satelita primeniti u poljoprivredi ovaj proces uvek sadrži primene tipične za poljoprivredu, dakle:

- on će se uvek koristiti u vezi sa nekom mašinom ili sistemom mašina samo kratak period vremena (na primer tokom žetve žita, žetve silažnog kukuruza, setve, i sl.), za sledeće operacije on uvek daje informacije samo o poziciji i vremenu izvođenja te operacije, a te informacije pomoću raznih tehnika i informacija moraju da budu povezane sa raznim drugim informacijama i tehničkim postupcima; njihovo dobijanje treba da bude lako i, da uvek pouzdano stoje na raspolaganju.

Slično kao i traktor sam GPS u stvari ne čini ništa ali povezan sa ostalom tehnikom on čini jako puno. Zbog toga on mora da bude integrisan u sve veći broj sistema preko standardizovanih mesta komunikacije i da omogući univerzalnu primenu po niskoj ceni. On

ne sme da dozvoli pojedinačna rešenja koja će samim tim biti maloga učinka i skupa. Danas je uobičajeno priključenje na univerzalne jedinice za upravljanje i rukovanje. Kao i mnogo puta do sada u poljoprivredi se zbog štedljivosti prvo razvije "univerzalni aparat" pa čak i onda kada se unapred vidi da će se time ostvariti vezivanje na jedan fabrikat i ograničenje polja korišćenja. Tipični primer primene GPS u tom pravcu već danas je :

- integracija DGPS u raspoložive računare za upravljanje (Unicontrol firme Müller Eletronic LH 5000 firme LG Agro),

- priključenje- na mobilne računare za uzimanje uzoraka zemljišta radi ispitivanja svojstava i za slične zadatke, i

- integracija u multifunkcionalne LBS terminale (ACT firme Claas, ACT firme LH Agro, Unipilot firme Mühler Electronic).

Ovi sistemi rešavaju samo tačno određene pojedinačne probleme, mada time pri današnjem brzom tempu razvoja mogu da nastanu i veoma svrsishodna prelazna rešenja. Međutim, dugoročno ovaj razvoj se može oceniti kao nezadovoljavajući jer on nije u saglasnosti sa potrebom da se sistemi slobodno kombinuju i da se koriste sistemi koji ne zavise samo od jednoga

proizvođača. Takva rešenja u budućnosti mogu da se ostvare samo integracijom u nacionalne i internacionalne standarde. Služba za pozicioniranje trebalo bi da bude posebna organizacija. Ona treba svoje podatke da stavi na neograničeno korišćenje svim učesnicima u sistemu.

Najbolji primer dostignutoga u tom pravcu je "poljoprivredni bus sistem (LBS)" koji se upravo sada objavljuje kao standard. U daljoj budućnosti moguć je prelazak na ISO-bus sistem 11783, ako on u dogledno vreme preraste u kvalitetan dokument. Samo će tada biti moguće univerzalno i jeftino korišćenje GPS i izvan nacionalnih granica.

### GPS I MENEDŽMENT GAZDINSTVA

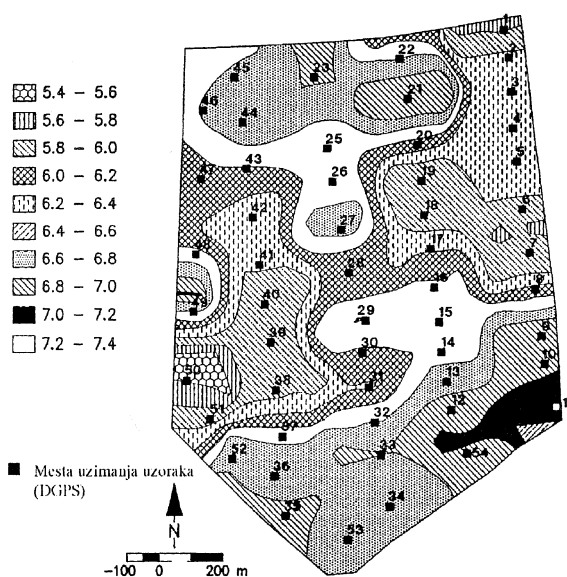
Na kraju treba reći nešto i o satelitskom lociranju u okviru celokupnoga menedžmenta gazdinstvom. Menedžment se sastoji iz stalnoga pribavljanja informacija, obrade informacija, u pogledu prirodnih i ekonomskih stanovišta kao i kontroli postignutih rezultata. U biljnoj proizvodnji mesto i vreme imaju centralni značaj. Pošto pri korišćenju GPS automatski postoje podaci o svakoj pojavi i predmetu na gazdinstvu, te informacije povezane sa drugim informacijama mogu imati izvanredno

veliki značaj za odlučivanje o daljim poslovima i merama.

GPS omogućuje istovremeno automatizovano pribavljanje informacija i automatizovanu obradu informacija. To omogućava da se nasluti kakav uticaj će ova tehnika imati na mnogostruke zadatke menedžmenta i kakve se sve promene u uspešnosti vođenja gazdinstva mogu zamisliti.

NAPOMENA: Ovaj rad sačinjen je kao prevod dva članka iz časopisa DLZ agromagazin - Sonderheft 10 " Per Satellit Erträge steigern", uz dozvolu redakcije BLV Verlagsgesellschaft mbH München, na kojoj se autori i VDPT zahvaljuju.

Primljeno: 8.01.1998, prihvaćeno: 13.01.1998



Sl. 6. Uzorkovanje zemljišta uz pomoć DGPS

1- vožnja po obodu parcele, 2- vožnja oko površina koje ne treba ispitati, 3- izračunavanje površine za uzorke, 4- određivanje potrebnog broja uzoraka, 5- zadavanje tačaka za uzimanje uzoraka, 6- DGPS navigacija do mesta za uzimanje sledećeg uzorka, 7- uzimanje uzorka i tačno lociranje