

Mogućnost povećanja učinkovitosti pripreme tla i sjetve ozimih žita pomoću tehnologije precizne poljoprivrede

Sažetak

Koncept precizne poljoprivrede vrlo je širok, a najčešće se pojašnjava povećanom učinkovitošću postignutom pomoću precizne navigacije, digitalnih karata i odgovarajućeg softvera. Različite studije širom svijeta pokazale su znatnu uštedu potrošnje goriva i vremena tijekom obrade i sjetve tla koja se temelji na izostavljanju preklapanja i učestalosti okretanja na kraju polja. Za manje farme, koje obično koriste trometarske radne strojeve (kultivator, gruber, valjari) smanjuje se potrebno radno vrijeme do 15,7 % i ušteda goriva do 8,66%, a na strojevima od šest metara do 12,6 % vremena i 8,28 % goriva. Glavni razlog je smanjenje širine preklapanja vožnje koja u uvjetima ručne vožnje obično predstavlja od 6,5 do 9,5 % nazivne radne širine. Korištenje preciznih poljoprivrednih tehnologija omogućuje također bolje planiranje i analizu radnih postupaka.

Ključne riječi: RTK navigacija, uzgoj tla, učinkovitost, ušteda goriva, precizni uzgoj

Uvod

Jesenska obrada tla i sjetva svrstavaju su među najznačajnije agrotehničke mjere u proizvodnji žitarica. Precizna sjetva zahtjevan je posao kojem je potrebno posvetiti puno pozornosti kako bi se tlo što kvalitetnije obradilo i nudilo optimalne uvjete za kaljenje sjemena i rast mladih biljaka. Od kvalitete sjetve značajno ovisi očekivani urod, a greške koje se učine tijekom sjetve najčešće kasnije nije moguće kompenzirati drugim zahvatima. Glavne razloge predstavljaju kratki agrotehnički rokovi te nestabilni vremenski uvjeti. Za većinu ozimih kultura koje se proizvode u našim krajevima važna je provedba visokokvalitetnih radova i praćenja brojnih elemenata u procesu sjetve, što je zapravo sastavni dio precizne poljoprivrede. Priprema tla prethodi sjetvi, a podrazumijeva niz agrotehničkih zahvata koji za cilj imaju stvaranje najboljih preduvjeta za sjetvu i razvoj biljaka.

Rad automatiziranih sustava kontrole u poljoprivredi

Otkada je satelitska tehnologija GPS (*Global Positioning System*) uvedena u poljoprivredu, brzo je napredovao i razvoj jednostavnih upravljačkih sustava za potpuno automatizirani sustav upravljanja traktora. Satelitskom navigacijom omogućeno je bilježenje točnih položaja poljoprivrednih strojeva i uređaja na poljoprivrednim površinama te je omogućeno precizno kretanje strojeva pri obavljanju poljoprivrednih operacija. Razine točnosti odnosno preciznosti ovise o kvaliteti i mogućnosti samih navigacijskih uređaja, ali često i o kvalitetnom i preciznom signalu visoke točnosti. Mnoge tvrtke već su serijski opremile svoje traktore i strojeve pomagalima za prijem i obradu signala odgovarajućim softverom kako bi iskoristile brojne prednosti preciznog paralelnog navođenja po polju. Iako dobri traktoristi vjerojatno postižu visok stupanj točnosti kada je u pitanju izbjegavanje preklapanja redova prilikom dopunske obrade tla, kod vožnje sijačice nije moguće postići najveći stupanj preciznosti te optimizacije procesa sjetve. Prije svega, automatizirani sustavi navođenja štede radno vrijeme, a zahvaljujući sofisti-

¹ Prof. dr. Denis STAJNKO, Maribor, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče-Maribor, Slovenija
Autor za korespondenciju: denis.stajnko@um.si

ciranim sustavima upravljanja vozač može obraditi znatno veće površine po satu. Pored toga radom se može započeti prije izlaska sunca i produžiti do večeri.

Automatizirani upravljački sustavi također oslobađaju vozača psihičkih napora i time se izbjegavaju pogreške budući da se traktorom upravlja potpuno automatski prema optimalnom tragu vožnje.



Slika 1. Stacionarna (nepromjenjiva) RTK stanica
Figure 1 Stationary (fixed) station RTK



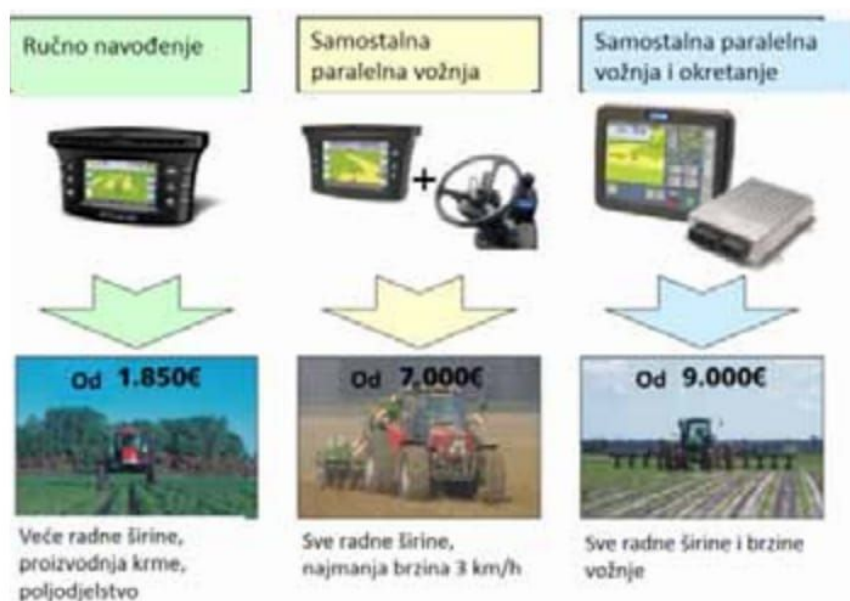
Slika 2. Mobilna RTK stanica za vođenje
Figure 2 Mobile RTK management station

U odnosu na svakodnevno korištenje i razumijevanje GPS navođenja, za potrebe precizne poljoprivrede potrebna je preciznost na razini nekoliko centimetara koja se može postići jedino referentnom odnosno baznom stanicom na Zemlji. Budući da su koordinate referentne stanice precizno određene, prijemnik ugrađen, primjerice, u traktoru može u svakom trenutku utvrditi korekcije promatranja od promatranja i poznatih satelitskih pozicija. Kroz komunikacijske kanale (GSM, UMTS, NTRIP) referentna stanica u obliku standardiziranog zapisa u svakom trenutku šalje takve podatke mobilnim prijemnicima na terenu, u našem slučaju na traktor. Koristeći dobivene podatke, prijamnik, zajedno s podacima o promatranju ili korekcijama referentnog prijemnika, određuje njegov precizan položaj u stvarnom vremenu.

Prijemnik određuje svoj položaj mjerenjem udaljenosti od najmanje četiri satelita u svemiru, stvarajući repliku signala koju prima od satelita i uspoređujući je sa signalom generiranim u prijemniku. Budući da je signal na Zemlji vrlo slab, obavezan je poseban sustav signalizacije gdje lokalno određeni prijemnik signala signal odgađa toliko dugo da funkcija pomicanja dođe do potpunog poravnavanja s izvornim signalom. Postoje dvije varijante prijemnika; mobilni RTK prijemnik (Slika 2.) koji se može koristiti na bilo kojoj lokaciji i pogodan je kada su naše parcele raštrkane po brežuljkastom ili gorskom terenu. Glavni nedostatak takvih stanica predstavlja trajanje inicijacije odnosno povezivanje s GPS sustavom koji može u uvjetima lošeg signala ponekad trajati i više sati. Zbog tog nedostatka najčešće se koriste stacionarne RTK stanice namještene na višim objektima kao što su krovovi ili tornjevi silosa (Slika 1.) koji pokrivaju cijela područja do horizonta i mogu se smjesta koristiti.

Nakon završetka poravnavanja, PRN kôd uklanja se iz signala. Takav signal je spreman za daljnju obradu. Prijemnik dekodira položaj satelita pomoću metode najmanjih kvadrata između pseudo-satelitskih udaljenosti.

Sustavi vođenja poljoprivrednih strojeva mogu se svrstati u tri skupine: a) pomoć pri vođenju, b) automatsko vođenje ili c) autonomni sustav vođenja. Sustav pomoći pri vođenju je sustav koji rukovatelju pokazuje samo informacije o vođenju. Automatizirani i autonomni sustavi vođenja projektiraju se tako da se mehanizam upravljanja podešava upravljanju bez vozača. Praćenje putanje za poljoprivredne priključne strojeve puno je teže nego kod cestovnih vozila, pa sustavi autonomnog sustava navođenja poljoprivrednih priključaka imaju poseban značaj (slika 3.).



Slika 3. Različite razine precizne poljoprivrede
Figure 3 Different Levels of Precise Agriculture

Nakon što dobijemo podatke o lokaciji u stvarnom vremenu, navođenje traktora odnosno sijačica još uvijek se može predvoditi ručno (kao kod vožnje automobilom po cesti), dok je puno logičnije koristiti navođenje pomoću senzora, računala, električnih motora i hidraulike. Za automatske upravljačke sustave postoji više različitih opcija. Sustav se može instalirati izravno u tvornici od strane proizvođača traktora, gdje se provodi hidraulički nadzor nad sustavom upravljanja, koji pomoću senzora okretanja pogonskog kotača vodi traktora duž polja. Druga mogućnost je naknadna nadogradnja traktora navigacijskim uređajem kod kojeg postoji mogućnost hidrauličkih ili hidraulično-elektroničkih upravljanja upravljača. Razni proizvođači nude i različite dodatne električne uređaje koji se ugrađuju izravno na upravljač (volan). Cijena nadogradnje postprodukcije s hidrauličnim upravljanjem iznosi približno 4.500 €, a elektro-upravljač je oko 3.000 €.

I jedan i drugi sustav imaju svoje prednosti i nedostatke. U slučaju hidrauličkog upravljanja to je nepostojanje dodatnih uređaja u traktoru koji bi sprječavali ručno manevriranje traktorom i vidljivost iz kabine traktora u cestovnom prometu. Nedostatak hidrauličkog sustava predstavlja zahtjevna montaža, visoka cijena i mogućnost korištenja samo na jednom traktoru. S druge strane sustave s električnim motorima odlikuje jednostavnija montaža, niža cijena i mogućnost korištenja na više traktora, dok je nedostatak slaba vidljivost u cestovnom prometu.

U prirodi teren je obično zakrenut u različitim smjerovima, što može smanjiti točnost upravljanja zbog naginjanja traktora i kuta prijemnika. Taj problem rješavamo tzv. žiroskopom sa senzorom nagiba i time se izračunava nagib traktora te određuje precizna pozicija.

Dostupnost korekcijskih signala i referentnih postaja u Hrvatskoj

Hrvatska nacionalna mreža CROPOS (slika 4.) je mreža GNSS (*Global Navigation Satellite System*) koja se sastoji od 33 referentne stanice raspoređene na međusobnoj udaljenosti od 70 km tako da prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske u svrhu prikupljanja podataka satelitskih mjerenja i računanja korekcijskih parametara (RTK i DGNS), dok granice države nadopunjuju postaje susjednih država (7 slovenskih, 4 mađarske, 4 iz područja BiH te 2 crnogorske). Pristup mrežnim podacima moguć je putem mreže GSM, GPRS i UMTS gdje korisniku treba odgovarajući GSM modem koji je povezan s ponuđačem mobilnih usluga. Trenutna cijena za jedan uređaj prikazana je u Tablici 1.

Tablica 1. Troškovi korištenja CROPOS® - VPPS

Table 1 Costs of using CROPOS® - VPPS

Vrsta servisa/ Type of service	Točnost/ Accuracy	Format podataka/ Data format	Jedinica/Unit	Cijena/Price	Troškovi registracije/ Registration costs
CROPOS® - VPPS visokoprecizni servis pozicioniranja/ high-precision positioning service	0.02 - 0.04 m	RTCM 2.3 RTCM 3.1	1 minuta/ minute	0,35 kn	300,00 kn
			1 godina/ year	5000,00 kn	



Slika 4. Hrvatska nacionalna mreža CROPOS

Figure 4 Croatian National Network CROPOS

Mnogo više od vožnje ravno naprijed

Tehnologije precizne poljoprivrede vozaču olakšavaju ponajprije vožnju po ravnom terenu koji najprije uključuje usporednu vožnju s prethodnim prohodom s najmanjim mogućim prekrivanjem. Pri tome sustav kontrolira dinamiku vožnje koja uključuje nadzor brzine vožnje i ravnanje volana, nadalje kontrolu njihanja priključka i podešavanje bočne linije te mogućnost praćenja asimetrične vožnje te ravnanje pričvršćivanja priključka (slika 5.).

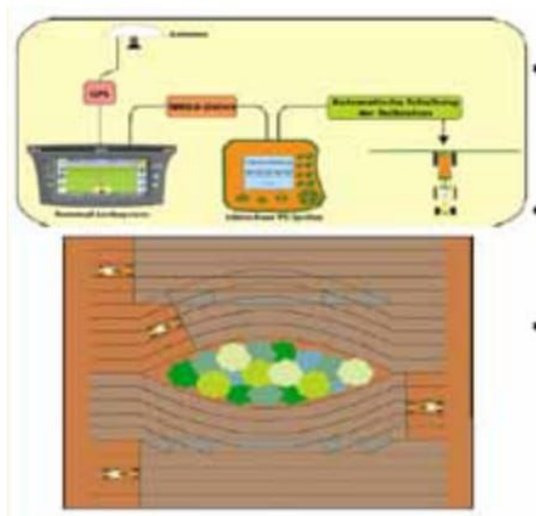
Drugu veliku prednost predstavlja kontrola vožnje na bočno nagnutom terenu pomoću žiroskopa koja je inače vrlo naporna za vozača i redovito uzrokuje prekrivanje radnih širina. Taj sustav stalno mjeri poziciju kabine u x, y osovini vožnje i prema potrebi korigira vožnju u lijevo ili desno (slika 6.).



Slika 5. Kontrola podešavanja bočne linije priključka pomoću precizne navigacije

Figure 5 Control of the side line adjustment of the connector using precise navigation

Pored same vožnje po polju vrlo značajna ušteda radnog vremena postiže se uporabom softvera za potporu (logistiku) vožnje koja uključuje računanje najkraćeg puta po polju s najmanjim brojem okretanja na krajevima.



Slika 6. Primjer upotrebe softvera za automatsko prilagođavanje radne širine obliku parcele

Figure 6 Example of software using for automatic adjustment of the working width of the form of plots

To se postiže automatskim proračunom radnih širina (npr. kod prskalica), automatskim proračunom optimalne širine rasipača mineralnih gnojiva, automatskim isključivanjem pojedinih vrsta sijačica za kukuruz, pri tome omogućavajući usmjerenu vožnju po stalnim kolotečinama (*Controlled traffic farming*). Spomenute kolotečine sustav automatski ostavlja neposijanim sukladno floti strojeva i traktora koju posjeduje pojedino poljoprivredno gospodarstvo uz automatsku kontrolu položaja priključnih strojeva pomoću vlastitih hidrauličnih sustava vođenja ugrađenim na samim strojevima.

Uštede vremena i materijalnih sredstava kod pripreme tla i sjetve

Stručnjaci TU (*Technische Universität*) München prije nekoliko godina detaljnije su ocijenili paralelne sustave vožnje kod uzgoja ozime pšenice s istom tehnikom (dopunska obrada tla – šestmetarsko rotovratilo sa sijačicom, zaštita bilja – 36 metarska prskalica i gnojidba – 36 metarski rasipač).

Budući da se godišnji troškovi održavanja sustava i nabavne cijene opreme iz godine u godinu stalno mijenjaju, ekonomičnost i vrsta investicije jako ovise o veličini posjeda odnosno području primjene tehnologije. Ako je u pitanju ručni sustav DGPS navođenja, opseg posjeda mora biti oko 110 hektara, dok s pomoćnikom upravljanja volana (GPPS) mora biti oko 140 hektara, a s RTK autopilotom čak oko 310 hektara.

Potrebno je napomenuti da su to konzervativne (veće od stvarnih) procjene budući da su troškovi opreme pa i samih RTK usluga svake godine manji, a u budućnosti se očekuje još povoljnija ekonomika upotrebe te tehnologije. No, s velikom sigurnošću možemo ustanoviti da glavnu uštedu na terenu kod obrade tla predstavlja smanjenje preklapanja pojedinih prohoda u rangu od 5 % do 10 %; u aplikaciji i potrošnji gnojiva i prskanju zaštitnih sredstava bez upotrebe kolotečina iznosi cca 20 % te u sustavu s kolotečinama od oko 3,4%.

Kod kultivatora od 6 m radne širine s 10 % preklapanja u obradi tla to praktički znači 60 cm odnosno 5,40 m realne radne širine, ali se može korištenjem RTK-a realno smanjiti na radnu širinu od 5,97 metara. Prema tome za obradu jednog (pravokutnog) hektara u prvom slučaju potrebno je napraviti 1.852 metra, a u drugome 1.672 metara. Na taj način uštedi se 180 metara odnosno 9,7 % radnog vremena koji kod varijabilnih troškovima od 40 euro/ha što znači uštedu od 3,9 eura (29 kn) po hektaru. Je li to mnogo ili malo procijenite sami, međutim kada se pomisli da je ta ušteda nastala samo kod obrade tla jednog hektara, a do žetve pšenice po polju ćemo se voziti još najmanje 6-8 puta, onda to znači uštede u razini 120-150 kg pšenice.

Međutim, moramo naglasiti da nova tehnologija omogućuje dodatne uštede vremena i novca također pomoću automatskih arhiviranja podatka npr. o razini prinosa, potrošnji radnog vremena, bilježenju radnih operacija, vođenju kartice gnojiva i pesticida. Svi ti podaci mogu se upotrijebiti za potrebe subvencijskih uloga odnosno olakšavaju planiranje radnih operacija u budućim kulturama u plodoredu kako bi se smanjili troškovi sjemena, gnojiva, sredstava za zaštitu bilja, goriva i samog radnog vrijeme.

Nadalje, tehnologija paralelne vožnje produljuje radno vrijeme u noć i tako povećava produktivnost u jesenskim danima, što je pogotovo značajno na velikim posjedima u kratkim optimalnim rokovima za obradu tla i sjetvu. Na taj način povećava se i učestalost korištenja tehnike od sjetve preko žetve pa sve do jesenske sjetve, a time i rentabilnost novih investicija. Ipak, pri tome je potrebno obratiti pozornost na dnevno opterećenje vozača, duljinu radnog vremena i optimalno korištenje ljudskih resursa pa se ponekada na jednom traktoru mijenjaju dva vozača u razdoblju od 24 sata.

Pristupi u nabavi nove tehnologije

Budući da je na tržištu ponuda različitih sustava te proizvođača opreme za preciznu poljoprivredu, svakim danom sve veća i pomalo nepregledna kupovina nove tehnologije nikako nije jeftina. Zbog lakšeg razumijevanja, mogućnosti, karakteristike te cijena pojedinačne opreme predstavljene su u Tablici 2. iz koje se može brzo uočiti da cijena strmo raste s povećanjem preciznosti.

Međutim, valja se pitati trebamo li u ravničarskim predjelima Hrvatske zaista i najveću RTK preciznost, budući da su u ravninama kvalitete GPS signala pristojne za ručno navođenje s preciznošću u rangu 30 – 60 cm koja omogućuje pristojnu kontrolu paralelne vožnje strojeva s velikim radnim širinama. Ako je u pitanju tehnika s manjim radnim zahvatima (~ 3 m) onda ipak treba razmisliti o nabavi skuplje DGPS tehnologije te odgovoriti na donja pitanja. U slučaju da želimo precizno navođenje strojeva za sadnju sadnica odnosno precizno strojno okopavanje korova investicija u RTK navođenje bila bi najlogičnija.

Tablica 2. Cijene i karakteristike različitih sustava navođenja**Table 2** Prices and characteristics of different navigation systems

	GPS navođenje/ navigation	DGPS navođenje/ navigation	RTK navođenje/ navigation
Značajke/ Features	Nužno ručno vođenje/ Necessary manual management	Samostalna paralelna vožnja, okretanje na kraju ručno/ Independent parallel driving, turning at the end manually	Samostalna paralelna vožnja, okretanje automatsko/ Independent parallel driving, automatic turning
Preciznost/ Precision	~30 cm	~10 cm	~2,5 cm
Troškovi nabave/Purch ase Costs	800 - 3000 eur	5000 - 15000 eur	5000 - 15000 eur

Zbog toga prije nabave nove tehnologije potrebno je dobro razmisliti i odgovoriti na sljedeća pitanja:

- *Isplati li se nabaviti vlastitu tehnologiju i djelomično je ponuditi kroz usluge okolnim gospodarstvima ili jednostavno nazvati i platiti uslugu strojnog prstena?*

- *Je li moguća nabava tehnologije putem većeg broja partnera kako bi je koristili zajedno?*

- *Koji radovi se izvode sustavom precizne poljoprivrede danas i koji će biti aktualni u skoroj budućnosti?*

- *Prednosti nabave su uvijek ovisne o spektru primjene i strukturi posjeda. Što je veći raspon primjene upravljačkog sustava, to je veća korist od ulaganja u novu tehnologiju.*

- *Koji su dobavljači signala za korekciju (RTK) dostupni na vašem posjedu i je li signal ispravan na svim površinama? Ako nije tako, kada se isplati kupiti svoju referentnu stanicu?*

- *Je li dijeljenje zasebne referentne stanice moguće s drugim tvrtkama odnosno poljoprivrednicima?*

- *Kod odluke o potrebnoj (profitabilnoj) preciznosti sustava navođenja traktora odnosno strojeva potrebno je napomenuti da, nasuprot ustaljenom mišljenju, veća radna širina zahtjeva veću potrebnu kvalitetu signala kako bi bila veća ušteda.*

- *Hoće li se sustav koristiti i za manje brzine vožnje od 1 km/h npr. strojevi za sadnju i strojno okopavanje?*

- *Postoji li pouzdan servis usluga?*

Zaključak

Ako ste na većinu pitanja odgovorili s 'da' onda ste pravi poljoprivrednik za nabavu i upotrebu nove tehnologije. Upotreba upravljačkih sustava u proizvodnom sustavu pokazala se rentabilna pogotovo kod sjetve žitarica odnosno uporabe tehnologije bez kolotečina i u lošim uvjetima vidljivosti, kada i najjednostavnija tehnologija navođenja ručnim servo-upravljanjem omogućuje puno bolju iskoristivost stroja i učinkovitosti rada koja vodi u daljnje uštede svih vrsta materijalnih sredstava. S druge strane skuplje tehnologije automatskog navođenja odnosno automatskog upravljačkog sustava višestruko su precizniji od ručnih sustava i stoga su prikladni za izradu kolotečina kod sjetve. Prednost navođenja putem RTK korekcije leži u velikoj točnosti i time ponovljivost iz godine u godinu koja omogućuje uporabu novih strategija u upravljanju gospodarstvom, kao što su kontrolirano odnosno pametno (*smart*) poljoprivredno gospodarstvo u vrijeme povećanja cijena opreme. U vremenima kada rastu troškovi goriva i gnojiva korištenje upravljačkih sustava jedan je od načina smanjenja troškova proizvodnje koji nam pri završetku svake radne operacije automatski sprema sve informacije u odvojene mape kako bi bile vidljive u svakom trenutku.

Literatura

Na upit kod autora.

Prispjelo/Received: 15.9.2018

Prihvaćeno/Accepted: 30.9.2018.

Professional paper

Possibility of increasing the efficiency of preparation of soil and sowing of winter cereals with elements of precision agriculture

Abstract

The concept of precision farming is wide, and it is represented with the efficiency achieved with the help of precise RTK (Real Time Kinematic) navigation, digital maps and appropriate software. Different studies around the world reported considerable fuel and time saving during soil tillage and seeding which based on omitting the overlapping and the frequency of turning round at the end of fields. For smaller farms, which commonly use 3 m working machines (cultivator, chisels, disc harrow) up to 15.7% of the time and 8.66 % of the fuel can be saved, while on 6 m machines up to 12.6 % of the time and 8.28% of fuel is saved. The main reason lies in the reduction of overlapping width which in manual driving conditions usually represent about 10 % of nominal working width. The use of precision agriculture technologies allows us to better plan and analyze the working procedures.

Key words: RTK navigation, soil cultivation, efficiency, fuel savings, precision farming