Mjerenje i kartiranje uroda ratarskih usjeva

Krušelj, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:571856

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

MJERENJE I KARTIRANJE URODA RATARSKIH USJEVA

DIPLOMSKI RAD

Ivan Krušelj

Zagreb, rujan, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Mehanizacija

MJERENJE I KARTIRANJE URODA RATARSKIH USJEVA

DIPLOMSKI RAD

Ivan Krušelj

Mentor: doc. dr. sc. Igor Kovačev

Zagreb, rujan, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ivan Krušelj**, JMBAG 0178087182, rođen dana 20.05.1992. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

MJERENJE I KARTIRANJE URODA RATARSKIH USJEVA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Ivana Krušelja**, JMBAG 0178087182, naslova

MJERENJE I KARTIRANJE URODA RATARSKIH USJEVA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	doc. dr. sc. Igor Kovačev	mentor	_____
2.	doc. dr. sc. Krešimir Čopec	član	_____
3.	prof. dr. sc. Stjepan Pliestić	član	_____

Sadržaj

1. Uvod 1
   1.1. Cilj rada 3
2. Pregled literature 4
   2.1. Precizna poljoprivreda 4
   2.2. Globalni pozicijski sustav (GPS) 5
      2.2.1. Diferencijalni globalni pozicijski sustav (DGPS) 7
      2.2.2. Real Time Kinematic (RTK) 7
   2.3. Geografski informacijski sustav (GIS) 8
   2.4. Sustav za mjerenje uroda 9
      2.4.1. Komponente sustava za mjerenje uroda 10
   2.5. Izvori grešaka kod mjerenja i kartiranja uroda 13
      2.5.1. Umjeravanje i održavanje senzora uroda 13
      2.5.2. Umjeravanje i održavanje senzora vlage 15
      2.5.3. Postavke vremena odgode u detekciji usjeva 15
      2.5.4. Upravljanje senzorom položaja žetvenog uređaja 16
      2.5.5. Širina otkosa žetvenog uređaja 16
      2.5.6. Upravljanje kombajnom opremljenim sustavom za mjerenje uroda 17
   2.6. Izrada i tumačenje karata uroda 17
      2.6.1. Prezentiranje karata uroda 17
      2.6.2. Obrada „sirovih“ podataka za izradu karata uroda 17
   2.7. Primjena karata uroda 18
3. Strojevi za žetvu i ubiranje ratarskih usjeva 19
   3.1. Univerzalni žitni kombajn 19
      3.1.1. Žetveni uređaj za strne žitarice 20
      3.1.2. Vršidbeni uređaj 20
      3.1.3. Uređaj za čišćenje zrna od žetvenih ostataka 21
      3.1.4. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za berbu kukuruza 22
      3.1.5. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za žetvu uljane repice 24
      3.1.6. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za ubiranje suncokreta 25
      3.1.7. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za žetvu soje 26
   3.2. Kombajn za šećernu repu 27
      3.2.1. Uređaj za pripremu i vađenje šećerne repe 27
      3.2.2. Elementi za čišćenje korijena šećerne repe 27

3.2.3. Transporter za očišćeni korijen šećerne repe 27
3.3. Kombajn za krumpir 28
3.3.1. Uređaj za iskapanje gomolja 28
3.3.2. Uređaj za protresanje 28
3.3.3. Uređaj za odstranjivanje zelene mase 28
3.3.4. Kružni transporter 29
3.3.5. Uređaj za probiranje gomolja 29
4. Precizna poljoprivreda 30
4.1. Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) 31
4.1.1. Globalni pozicijski sustav (GPS) 31
4.1.2. Diferencijalni Globalni Pozicijski Sustav (DGPS) 33
4.1.3. Real-time kinematic (RTK) 35
4.2. Geografski informacijski sustav (GIS) 36
5. Načini mjerenja uroda u ratarstvu – razvoj tehnoloških mogućnosti 40
5.1. Mjerenje ukupnog uroda 40
5.2. Periodično mjerenje 40
5.3. Kontinuirano mjerenje 40
5.3.1. Razvoj sustava za mjerenje uroda 41
5.3.2. Trenutne mogućnosti sustava za mjerenje uroda 42
6. Sustav za mjerenje uroda 44
6.1. Komponente sustava za mjerenje uroda na univerzalnom žitnom kombajnu 44
6.1.1. Senzor uroda 44
6.1.2. Senzor za mjerenje vlage zrna 49
6.1.3. Senzor brzine elevatora za očišćeno zrno 50
6.1.4. Senzor brzine kombajna 50
6.1.5. Senzor širine otkosa žetvenog uređaja 51
6.1.6. Senzor položaja žetvenog uređaja 53
6.1.7. Upravljačka jedinica sustava za mjerenje uroda 54
6.1.8. GPS/DGPS antena 55
6.1.9. GPS/DGPS prijemnik 56
6.2. Komponente sustava za mjerenje uroda na kombajnu za šećernu repu 57
6.2.1. Senzor uroda 57
6.2.2. Senzor brzine transportnog remenja (žičanog transportera) 60
6.2.3. Senzor za navođenje uređaja za pripremu i vađenje šećerne repe 60

6.3. Komponente sustava za mjerenje uroda na kombajnu za krumpir 62
6.3.1. Senzor uroda 62
7. Izvori grešaka kod mjerenja i kartiranja uroda 65
7.1. Pogreške kod mjerenja uroda 65
7.1.1. Umjeravanje i održavanje senzora uroda 65
7.1.2. Preciznost senzora za mjerenje uroda 66
7.1.3. Umjeravanje i održavanje senzora vlage 67
7.2. Pogreške kod kartiranja uroda 67
7.2.1. Postavke vremena odgode u detekciji usjeva 67
7.2.2. Upravljanje senzorom položaja žetvenog uređaja 68
7.2.3. Proputovana udaljenost 68
7.2.4. Širina otkosa žetvenog uređaja 69
7.2.5. Upravljanje kombajnom opremljenim sustavom za mjerenje uroda 69
8. Izrada i tumačenje karata uroda 71
8.1. Prezentiranje karata uroda 71
8.2. Obrada „sirovih“ podataka za izradu karata uroda 72
8.3. Tumačenje karata uroda 73
9. Primjena karata uroda 77
9.1. Sustavi potpore odlučivanju 77
9.1.1. DSSAT 78
9.2. Izrada karata aplikacije 78
10. Zaključak 79
11. Literatura 80
Životopis 82

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Ivana Krušelja**, naslova

MJERENJE I KARTIRANJE URODA RATARSKIH USJEVA

S ciljem racionalizacije ratarske proizvodnje javlja se potreba za uvođenjem sustava precizne poljoprivrede. U ovom radu su obrađeni sustavi za mjerenje i kartiranje uroda. Kako bi bila jasnija implementacija sustava za mjerenje uroda, opisani su konstrukcijski dijelovi i princip rada strojeva za žetvu i ubiranje važnijih ratarskih usjeva. Objašnjen je pojam precizne poljoprivrede i analizirani su elementi sustava za kartiranje GNSS (GPS i DGPS) i GIS. Spomenuti su načini mjerenja uroda u ratarstvu i razvoj tehnoloških mogućnosti. Obrađeni su dijelovi komponenti i princip rada svake komponente sustava za mjerenje uroda montiranog na univerzalnom žitnom kombajnu, kombajnu za šećernu repu i kombajnu za krumpir. Navedeni su izvori grešaka kod mjerenja i kartiranja uroda. Opisan je postupak izrade karata uroda te su navedene neke primjene karata uroda.

Ključne riječi: Precizna poljoprivreda, GNSS, GIS, kombajn, senzori uroda

Summary

Of the master's thesis - student **Ivan Krušelj,** entitled

YIELD MAPPING IN ARABLE CROP PRODUCTION

With the aim of rationalizing the production of agricultural products, there is a need for the introduction of a precision agriculture systems. This paper deals with yield measuring and mapping systems. In order to make the implementation of a yield measurement and mapping clearer, the structural parts and the operating principle of the machines for harvesting of the most important crops are described. The concept of precision agriculture is explained and the elements for mapping systems GNSS (GPS and DGPS) and GIS are analyzed. The aforementioned are ways of measuring yield in crop production and the development of technological capabilities. Working principle of each component of a yield measuring system on grain combine harvester, sugar beet combine harvester and potato combine harvester is described. Error sources in yield measuring and mapping areexplained. Procedures for making a yield maps and some of the application of yield maps are presented.

Keywords: Precision agriculture, GNSS, GIS, combine harvester, yield monitor

1. Uvod

Uvođenjem sustava precizne poljoprivrede poljoprivredniku se otvaraju mogućnosti racionalizacije ratarske proizvodnje. Jedan od načina je uporabom sustava za mjerenje i kartiranje uroda nekog usjeva. Mjerenjem (izračunavanjem) uroda nekog usjeva tijekom žetve i pridruživanjem izmjerenih (izračunatih) vrijednosti geografskim koordinatama mjernih točaka na parceli stvara se karta uroda. Karta uroda je izvor informacija o postojanju ograničavajućih čimbenika unutar proizvodne parcele koji rezultiraju prostornim varijabilnostima uroda, tj. smanjuju urod.

Na osnovu podataka iz karata uroda od zadnjih nekoliko (3-5) godina poljoprivrednik može napraviti analize i plan upravljanja parcelom da bi otklonio ili bar umanjio utjecaje ograničavajućih čimbenika na urod (donošenjem boljih odluka o postupcima uzgoja usjeva). To podrazumijeva određivanje potrebnih ulaznih veličina (načini obrade tla, sortiment, količina gnojiva, kalcifikacija, navodnjavanje, zaštita) ovisno o potrebama na određenom dijelu parcele. Rezultat toga može biti smanjenje troškova zbog smanjenja potrebne količine inputa/ulaznih sredstava, smanjenja korištenja strojeva/mehanizacije i opreme te radnog vremena. Čak je moguće postizanje većih uroda uz povećanje kvalitete proizvoda i na kraju većeg profita. Osim ekonomskih čimbenika veliki je utjecaj na zaštitu okoliša zbog smanjenje zagađenja tla i vode.

Karta uroda prikazuje samo prostornu raspodjelu uroda usjeva, a ne ono što je uzrokovalo varijacije. Karta uroda ne navodi zašto urodi variraju ili da li je potencijal uroda postignut bilo gdje na parceli, a pogotovo ne može predvidjeti uzorak uroda u narednim godinama. Karta uroda je od vrijednosti jedino kada dovodi do odluka o postupcima uzgoja usjeva ili potvrđuje postupke uzgoja usjeva.

Da bi se donijela učinkovite odluke o postupcima uzgoja usjeva bazirane na kartama uroda poljoprivrednik mora biti upoznat s raznim uzrocima varijabilnosti koji mogu postojati na parceli i ispravno protumačiti te podatke.

Uzroci varijabilnosti uroda usjeva mogu se svrstati u dva područja: varijabilnosti uzrokovane zbog primijenjenih postupaka pri uzgoju usjeva i prirodne varijabilnosti.

Uzorci s ravnim linijama imaju tendenciju da ih je napravio čovjek dok nepravilni uzorci mogu odražavati različite uvjete u tlu, vrste tla, probleme odvodnje i zaraze štetočinjama poput korova, bolesti i insekata.

Ponekad se varijabilnost u urodu usjeva može pripisati nekom povijesnom događaju unutar parcele. Da bi se to protumačilo poljoprivrednik bi trebao pregledati zapise o primijenjenim postupcima pri uzgoju usjeva od proteklih godina. Povijesni zapisi su iznimno važni u odgovorima na pitanja o uzrocima varijabilnosti usjeva. Karakteristike kao povijesno drugačiji raspored poljoprivrednih gospodarstva na određenom području i linije međa, smještaj stajnjaka, aplikacije gnojiva i kemikalija, stare linije obrade, područja pohrane biološkog otpada i tragovi zbijanja tla mogu ostaviti dugotrajne posljedice na proizvodnju usjeva.

Trebalo bi bilježiti greške i varijacije u sjetvi usjeva ili vremena obavljanja njege usjeva. To može biti vrijedna informacija u identificiranju uzroka varijacija na karti uroda.

Korištenjem strojeva i opreme na vlažnom tlu može se zbiti tlo, uništiti struktura tla i smanjiti urod usjeva. Zbijeno tlo će općenito imati lošu strukturu i većina pora u zbijenom sloju će biti eliminirana. Zbijene površine se teško određuju na karti uroda, ali treba imati na umu područja sa čestim prometom i smanjiti korištenje opreme u vlažnim uvjetima. Na primjer, posljedica čestog prometa na mjestu gdje se puni prikolica s usjevom ili gdje se pune prskalice i rasipači mineralnih gnojiva. Problemi uzrokovani zbijanjem u vlažnim godinama mogu utjecati na procese odvodnje u budućim godinama.

Mnogo puta varijabilnosti usjeva mogu biti povezane s upravljanjem vodom. Dok se navodnjavanje može izvoditi da bi se smanjile varijabilnosti u usjevu uzrokovane vremenskim prilikama, navodnjavanje može također uzrokovati povećanje varijabilnosti u urodu usjeva na parceli. Kapaljke koje nepravilno raspršuju vodu i nepravilno vrijeme navodnjavanja mogu uzrokovati nepravilan rast usjeva. Izgradnja drenažnog sustava je još jedan način upravljanja vodom koji može uzrokovati varijabilnosti u urodu. Poljoprivredna drenaža se koristi za uklanjanje viška vode s površine tla i/ili profila tla na kojem je usjev da bi se smanjio negativni utjecaj viška vode.

Oprema može uzrokovati varijacije u urodu. Neke od tih grešaka su: kvarovi sijačice koji rezultiraju lošom kontrolom dubine ili nedovoljan kontakt sjemena i tla, pogreške aplikatora koje uzrokuje disbalans pH i gnojiva, zatajenje mlaznica ili nepovoljna aplikacija zaštitnog sredstva na biljke uzrokuje zarazu usjeva korovima, insektima ili bolestima.

Vremenske prilike najviše utječu na urod usjeva. Na primjer, pjeskovito tlo u suhoj godini ima mnogo veći utjecaj na urod usjeva nego tijekom normalne godine. Međutim, ako je proljeće bilo hladno i vlažno, tada će se pjeskovito tlo prije zagrijati omogućavajući bolje klijanje sjemena. Treba imati na umu da čimbenici koji limitiraju urod usjeva variraju od mjesta do mjesta na parceli. Dva područja s niskim urodom usjeva mogu imati loše urode usjeva zbog potpuno drugačijih razloga.

Jedno od prvih pitanje koje će proizvođač postaviti kada pogleda kartu uroda će biti „Da li postoji kakav odnos o dostupnosti hraniva u tlu i uroda usjeva?“ Karta sadržaja hraniva u tlu je vrijedan alat u dijagnosticiranju razloga varijabilnosti uroda. Podaci o pH tla, organskoj tvari, kapacitetu izmjene kationa (CEC), fosforu i kaliju mogu biti vrlo korisni u tumačenju nepravilnog uzorka u urodu usjeva. Dosadašnji postupci uzgoja jednolikom aplikacijom hraniva mogu stvoriti višak hranivih tvari nakupljenih u područjima s niskim potencijalom uroda i nedostatak hraniva u područjima s visokim potencijalom uroda. Koristeći postupak varijabilne aplikacije hraniva (veća količina hraniva se stavlja u područja s većim potencijalom uroda, a manja količina hraniva u područja s nižim potencijalom uroda) može se smanjiti varijabilnost uzrokovana hranjivim tvarima.

Kapacitet držanja vode (ili nedostatak istog) vjerojatno izaziva više varijabilnosti u urodu usjeva nego bilo koji drugi faktor nakon vremenskih prilika. Ekološki uvjeti značajno više utječu na potencijal rasta usjeva u odnosu na primijenjene postupke pri uzgoju usjeva. Dok se ekološki uvjeti možda ne mogu kontrolirati, njihovi učinci se mogu svesti na minimum uz

pravilne postupke uzgoja. Na primjer, karte uroda mogu konstantno pokazivati niže urode u područjima s pjeskovitom strukturom tla koja imaju manji kapacitet zadržavanja vode. Uz te informacije ekonomska analiza može opravdati sjetvu/sadnju bez obrade, navodnjavanje ili izostavljanje tog područja iz proizvodnih površina.

Tamo gdje površinski sloj tla ima različite fizičke osobine, kao što su tip tla ili dubina tla, urod će se značajno mijenjati kroz cijelo područje.

Karte ili čak opće zabilježene informacije koje se odnose na korov, insekte i bolesti na parceli mogu biti vrlo vrijedni u tumačenju karte uroda. Informacije o pojavi štetnika tijekom sezone su također bitan dio slagalice dijagnostike.

U radu će osnovom domaćih i stranih, tiskanih i elektronskih izvora biti obrađeni sustavi za mjerenje i kartiranje uroda ratarskih usjeva, s naglaskom na univerzalni žitni kombajn. Uz to spomenut će se i sustavi za mjerenje i kartiranje uroda na kombajnu za ubiranje šećerne repe i kombajnu za krumpir. Analizirati će se potrebni elementi sustava za mjerenje i kartiranje – GNSS (GPS, DGPS), GIS, senzori sustava za mjerenje uroda i načini mjerenja svih potrebnih parametara za određivanje uroda.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada je dati pregled sustava za mjerenje i kartiranje uroda ratarskih usjeva, definirati tehničke zahtjeve za provedbu mjerenja i kartiranja te istaknuti prednosti i nedostatke pojedinih dijelova sustava.

2. Pregled literature

2.1. Precizna poljoprivreda

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

Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima kroz uštedu radnih sredstava, uštedu strojeva, uštedu radnog vremena, poboljšanje ostvarenja dobiti kroz veće urode, poboljšanje kvalitete proizvoda, smanjenje opterećenja okoliša, poticanje prirodno prostornih uvjeta i poboljšanje dokumentacije procesa proizvodnje.

Glavni cilj precizne poljoprivrede je povećanje profitabilnosti povećanjem uroda uz smanjenje količine/cijene inputa. Iako se danas pojam „precizna poljoprivreda" veže za određene nove tehnologije koje se koriste u procesu poljoprivredne proizvodnje, ključ precizne poljoprivrede je ipak informacija koja se dobiva tijekom proizvodnje.

Izravna usporedba višegodišnjih parametara dobivenih s parcela rezultira svrsishodnijom, argumentiranijom i optimalnijom upotrebom sredstava za rad (pri čemu treba imati na umu ekološki utjecaj), čime će se povećati kvaliteta i kvantiteta proizvoda (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Prikupljene informacije služe za određivanje položaja, kako bi se prilikom sjetve, deponiranja gnojiva ili zaštitnih sredstava znalo kolika je potreba repromaterijala na određenome mjestu, a ne, u prosjeku, za cijelu tablu kako se to sada radi (Jurišić i sur., 2015.).

Osnovna pretpostavka precizne poljoprivrede je da se prikupi veći broj informacija, kao i da preciznije informacije budu na raspolaganju poljoprivredniku prilikom donošenja odluka (Gavrić, 2004.).

Precizna poljoprivreda pomaže poljoprivrednicima kako bi se povećala učinkovitost. Poljoprivrednici koji učinkovito koriste informacije postići će veće urode od onih koji to ne čine (Rajković, 2013.).

Za primjenu precizne poljoprivrede potrebno je prikupiti podatke, kvalitetno ih obraditi te na kraju primijeniti te podatke na proizvodnoj površini. Prikupljanje podataka uglavnom se odnosi na uzimanje uzoraka i obavljanju kvalitetnih analiza tla, uvid u zdravstveno stanje biljaka, kartiranje uroda, prikupljanje podataka o stupnju zakorovljenosti i ishranjenosti biljaka. Prikupljanje podataka može obuhvaćati i primjenu satelitskih i aviosnimaka, odnosno daljinsku detekciju. Pri prikupljanju podataka koriste se različiti senzori te uređaji koji primjenom GPS tehnologije određuju lokaciju samog stroja ili uređaja na parceli te mjesta samog uzorkovanja ili aplikacije. Neki sustavi omogućuju prikupljanje podataka uz istovremeno apliciranje određenih sredstava na proizvodnoj površini (različiti senzori na poljoprivrednim strojevima), dok drugi sustavi zahtijevaju unaprijed osmišljene strategije

koje će se u budućnosti primijeniti na proizvodnim površinama (uzorkovanje i analiza tla, izrada poljoprivrednih karata i dr.).

Nakon prikupljanja podataka slijedi obrada podataka. Prikupljeni podaci se obrađuju uglavnom na način da se pretvaraju u prikladan format koje strojni sustavi mogu prepoznati. Pri obradi podataka se najčešće dobiju karte koje služe za predočavanje pojedinih svojstava polja ili nekog drugog predmeta obrade. Karte nastale na ovaj način služe vizualnom predočavanju promatranih svojstava te u sebi nose točnu lokaciju neke vrijednosti (npr. podatak o sadržaju kalija ili nekog drugog elementa u tlu - karta hranjiva, karte uroda). Karte omogućuju prikaz sadržaja važnih hranjiva pri uzgoju neke kulture. Pri izradi poljoprivrednih karata hranjiva potrebno je povezati određeno obilježje koje ispitujemo s geografskim koordinatama pomoću DGPS/GPS prijemnika. Spajanje mjernih vrijednosti i geokoordinata obavlja se nakon kemijske analize tla. Rezultat je površinski prikaz jednog svojstva na parceli.

Slijedeći korak je primjena podataka, odnosno prijenos podataka u poljoprivredne strojeve koji pomoću GPS-a i računalnih sustava prepoznaju i uvažavaju trenutnu situaciju te primaju naredbe o potrebnoj količini apliciranog repromaterijala na točno određenom mjestu na parceli (Milinović, 2015.).

2.2. Globalni pozicijski sustav (GPS)

GPS je kratica za *Global Positioning System*. To je mreža satelita koja kontinuirano odašilje kodirane informacije, s pomoću kojih je omogućeno precizno određivanje položaja na Zemlji. GPS se temelji na skupini satelita Ministarstva obrane SAD-a koji kruže oko Zemlje. Sateliti odašilju radio signale s navigacijskom porukom omogućujući GPS-prijemniku da odredi svoj položaj na Zemlji.

GPS (*Global Positioning System*) trenutno je jedini potpuno funkcionalan globalni satelitski sustav, koji se sastoji od 24 aktivna satelita raspoređenih u orbiti Zemlje i koji šalju radio signal na površinu Zemlje. GPS prijemnici na osnovu ovih radio signala mogu odrediti svoju poziciju – nadmorsku visinu, geografsku širinu i geografsku dužinu.

Pošto su poznate pozicije tri satelita i udaljenost prijemnika od svakog od njih, postupkom trilatercije se može odrediti pozicija prijemnika.

Za točno pozicioniranje potreban je prijem signala od najmanje 4 satelita. S prijemom signala većeg broja satelita točnost se značajno povećava (Martinov, 2008.).

GPS se sastoji iz tri osnovna segmenta: svemirski segment, kontrolni segment i korisnički segment.

Svemirski segment GPS-a se sastoji od 24 aktivna satelita raspoređenih u 6 ravnina s inklinacijom (nagibom) prema ekvatoru od 55 ^{o}. Trenutno je oko 8 satelita vidljivo s bilo koje točke na Zemlji u bilo koje vrijeme.

Osnovni zadatak GPS satelita je odašiljanje radiosignala pomoću kojih se može mjeriti udaljenost između satelita i prijemnika (pseudoudaljenost). Glavna svrha tih kodiranih signala je da omogući računanje vremena putovanja signala od satelita do GPS prijemnika na

Zemlji. Vrijeme pomnoženo brzinom svjetlosti daje udaljenost od satelita do GPS-prijemnika. Navigacijska poruka (informacija koju satelit šalje prijemniku) sadrži orbitalnu i vremensku informaciju satelita, generalnu sistemsku statusnu poruku i ionosfersku korekciju. Satelitski signali su vremenski upravljani preciznim atomskim satovima.

Kontrolni segment čini pet kontrolnih stanica raspoređenih na Zemlji. Glavna zadaća ovih stanica je neprekidno praćenje gibanja GPS satelita.

Korisnički segment predstavljaju svi korisnici sustava za globalno pozicioniranje i njihovi prijemnici.

GPS prijemnik treba znati gdje se nalaze sateliti i koliko su daleko. Kad GPS-prijemnik zna položaj satelita u prostoru, još treba znati koliko su oni daleko kako bi mogao odrediti svoj položaj na Zemlji.

GPS prijemnici namijenjeni poljoprivredi pripadaju skupini navigacijskih prijemnika. Postižu točnost pozicije od cca +/-10 m. U literaturi se pronalaze različiti podaci o njihovoj točnosti. To se pripisuje različitim metodama mjerenja.

GPS prijemnici generiraju pogreške pri određivanju položaja. Te pogreške su rezultat akumuliranja pogrešaka iz sljedećih izvora:

- **Ionosfersko i topografsko kašnjenje** - satelitski signal usporava kada prolazi kroz atmosferu. Sustav koristi ugrađeni model koji računa prosječno, ali ne točno vrijeme kašnjenja.
- **Višestruki put signala** – to se događa kada se GPS signal reflektira od objekata kao što su zgrade ili površine velikih stijena, prije nego što signal stigne do prijemnika. To povećava vrijeme putovanja signala tako uzrokujući pogrešku.
- **Pogreške sata prijemnika** – kako nije praktično imati atomski sat u GPS prijemniku, ugrađeni sat može imati male pogreške u vremenu.
- **Orbitalne pogreške** – poznate su kao pogreške efemerida, netočnosti u izvještaju o položaju satelita.
- **Broj vidljivih satelita** – što više satelita prijemnik može „vidjeti“ to je bolja točnost. Zgrade, konfiguracija terena, gusto lišće mogu blokirati prijem signala, uzrokujući pogreške u položaju ili onemogućuju određivanje položaja. Što je bolja vidljivost to je bolji prijem.
- **Geometrija satelita/zasjenjivanje** – to se odnosi na relativan položaj satelita u nekom trenutku. Idealna geometrija satelita postoji kada su sateliti smješteni pod velikim kutom relativno jedan u odnosu na drugi. Nepovoljna geometrija nastaje kad su sateliti smješteni na pravcu ili su tijesno grupirani.

Točnost se može poboljšati kombiniranjem GPS prijemnika s diferencijalnim GPS (DGPS) prijemnikom, s kojim se mogu reducirati neke od navedenih pogrešaka (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Sateliti Globalnog Pozicijskog Sustava odašilju signale koji dopuštaju GPS prijemnicima da izračunaju njihovu poziciju (Davis i sur., 1998.).

2.2.1. Diferencijalni globalni pozicijski sustav (DGPS)

Preciznost GPS-ovog određivanja pozicije može se poboljšati korištenjem dodatnog prijemnika postavljenog na fiksnu poznatu poziciju (DGPS bazna stanica). Dodatni prijemnik uspoređuje GPS-ovu indikaciju položaja s njegovom poznatom pozicijom da bi odredio trenutnu jačinu i smjer GPS-ove pogreške. Pretpostavka je prisutnost slične ili iste pogreške za prijemnik na nepoznatoj poziciji pokretnog poljoprivrednog stroja, tako da se GPS-ova indikacija tog prijemnika može jednostavno ispraviti za poznatu pogrešku (Auernhammer i Schueller, 1998.).

Diferencijalni GPS omogućuje značajno poboljšanje preciznosti GPS prijemnika. Princip rada ove tehnologije se sastoji od korištenja dva prijemnika za određivanje točne lokacije. Referentni prijemnik ili bazni prijemnik postavljen je na poznatu lokaciju. Ovaj prijemnik prima signale satelita, uspoređujući svoju poznatu poziciju određenu koordinatama sa stvarnom mjerenom udaljenosti od satelita te stvara korekcije pseudoudaljenosti.

Ovako izračunate razlike između mjerene i izračunate udaljenosti nazivaju se ''diferencijalna korekcija''. Zatim se takav korigirani signal šalje mobilnom prijemniku koji je u stanju preciznije odrediti svoj položaj. Korekcije se mogu prenositi satelitima ili radio uređajima (Jurišić i Plaščak, 2009.).

U poljoprivrednoj uporabi, najčešći način neutraliziranja grešaka GPS-a je korištenjem Diferencijalnog GPS-a ili DGPS-a. Ideja diferencijalnog pozicioniranja je da se isprave sklonosti greškama na jednoj lokaciji s mjerenjima sklonosti greškama na poznatoj lokaciji.

Diferencijalno ispravljanje se može koristiti u stvarnom vremenu ili kasnije, s tehnikama naknadne obrade. Ispravke u stvarnom vremenu mogu biti prenijete preko radio veze (FM), GSM mreže ili satelitskog signala. Ispravke mogu biti zabilježene za naknadnu obradu. Brojne javne i privatne agencije snimaju DGPS ispravke za distribuciju elektroničkim putem (Grisso i sur., 2009.a).

2.2.2. Real Time Kinematic (RTK)

Real-time kinematic (RTK) GPS je vrlo precizan GPS sustav, a omogućuje postizanje centimetarske točnosti. Ova tehnika uključuje mjerenje faznog pomaka nosećeg signala. Udaljenost prijemnika od satelita se izražava cijelim brojem perioda plus racionalni dio valne dužine, izražen faznimpomakom. RTK GPS zahtijeva lokalnu baznu stanicu u krugu od 5 km i najmanje 5 vidljivih satelita da bi se dobila centimetarska točnost. Postoji mogućnost primanja RTK GPS referentnog signala koristeći mrežu baznih stanica. U takvom slučaju korisnik ne mora posjedovati drugi prijemnik za baznu stanicu, već se može pretplatiti na referentni signal (Gavrić i Martinov, 2006.).

2.3. Geografski informacijski sustav (GIS)

Geografski informacijski sustav, skraćeno GIS (eng. *Geographical Information System*) u najužem je 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).

Geografski informacijski sustav služi za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno vezani sa Zemljom. U taj sustav obično je uključena baza prostornih podataka i odgovarajući programi.

GIS obrađuje prostorne podatke. Prostorni podaci su informacije povezane s prostornim položajem. GIS omogućuje povezivanje aktivnosti koje su prostorno povezane, tj. integrira prostorne i druge vrste informacija unutar jednog sustava te na taj način nudi konzistentni okvir za analizu prostora (Tutić i sur., 2006.).

Geografski informacijski sustav je po općoj definiciji integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata i korisničke programske podrške, a u svrhu prikupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja.

GIS se može smatrati tehnologijom ili strategijom za obradu informacija, a svrha mu je unaprijediti donošenje odluka koje su na bilo koji način u svezi s prostorom.

GIS predstavlja skup povezanih objekata i aktivnosti koji služe zajedničkoj namjeni (donošenje odluka pri upravljanju nekim prostornim aktivnostima). Informacijski sustav je skup postupaka provedenih nad skupom podataka kojima se dobiva informacija prikladna za donošenje odluka. Glavna svrha GIS-a je unapređivanje procesa donošenja odluka koje su u bilo kakvoj vezi s prostorom. 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.

Glavne značajke i prednosti korištenja GIS-a su: računalno potpomognuta produkcija karata, preddefinirana izvješća, jednostavne analize i pretraživanja prostornih baza podataka, grafički podaci pohranjeni u specijalnim formatima datoteka, atributni podaci pohranjeni u bazama podataka itd.

Podaci o prostoru smještaju se u formi digitalnih karata predstavljenih kao niz različitih tematskih slojeva. Ovo se približno predstavlja kao klasični planovi nacrtani na prozirnim

folijama, pri čemu svaka folija sadrži samo određene vrste informacija (putovi, vode, zgrade itd.) (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Najatraktivniji dio GIS-a je njegov vizualni aspekt, odnosno digitalne karte koje se pojavljuju na zaslonima računala i gdje korisnici njima jednostavno rukuju pomoću miša. GIS komunicira primarno kanalima vizualnih osjetila, posebice kada se žele prikazati sve važne i relevantne činjenice koje su bitne za donošenje neke odluke. Karte su za GIS glavni izvor podataka i jedan od načina vizualizacije prostornih informacija.

Vizualizacijom podataka u GIS-u omogućeno je da se velika količina atributnih podataka pohranjenih u računalu prikazuje u jednostavnom, slikovitom i čovjeku bliskom obliku (bilo kao tematske karte, grafički ili tablični prikazi i dr.). Unošenje u računalo prostornih podataka te njihovo povezivanje s atributnim podacima omogućuje analizu, zaključivanje i logičko interpretiranje.

Da bi se podaci (alfanumerički i/ili grafički) mogli koristiti u GIS-u, potrebno je provesti njihovo geokodiranje. Geokodiranje podataka predstavlja ključnu operaciju za prikazivanje informacija u prostoru, a podrazumijeva postupak određivanja položaja na osnovi geografskih koordinata.

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 (Rajković, 2013.).

Uporabom GIS tehnologija moguće je maksimizirati prihode odnosno smanjiti rashode te kvalitetnije upravljati proizvodnim površinama. GIS nije samo sustav za grafički prikaz prostornih i opisnih podataka, već predstavlja analitički alat koji služi boljem razumijevanju i donošenju odluka te je osobito koristan za primjenu u poljoprivredi (Milinović, 2015.).

Važna uloga poljoprivrednog GIS-a je da pohranjuje slojeve informacija, kao što su urodi, karte pregleda tla, daljinski očitani podaci, izvještaji izviđanih usjeva i sadržaj hranjiva u tlu. Geografski određeni podaci mogu biti prikazani u GIS-u, što omogućuje vizualnu perspektivu za interpretaciju.

Pored skladištenja i prikazivanja podataka, GIS se može koristiti za procjenivanje trenutnog i alternativnog upravljanja kombiniranjem i manipuliranjem slojevima podataka da bi se proizvele analize plana upravljanja (Davis i sur., 1998.).

2.4. Sustav za mjerenje uroda

Sustav za mjerenje uroda (eng. *Yield Monitor*) kombiniran s Globalnim Pozicijskim Sustavom (GPS) je elektronički alat koji prikuplja podatke o urodu usjeva za određenu godinu. Sustav za mjerenje uroda za žitarice mjeri i bilježi informacije kao što su protok zrna (volumen ili masa usjeva), vlaga zrna, požeta površina i pozicija. Urod se automatski izračunava iz tih varijabli. Sustavi za mjerenje uroda su također dostupni za usjeve kao što su kikiriki, pamuk, krmna

silaža i šećerna repa. Ti sustavi imaju neke zajedničke elemente kao i sustavi za mjerenje uroda za žitarice (Grisso i sur. 2009.b).

Sustavi za mjerenje uroda žitarica kontinuirano mjere i bilježe protok zrna u elevatoru za očišćeno zrno kombajna. Kada se povežu s GPS prijemnikom, sustavi za mjerenje uroda mogu pružiti podatke neophodne za kartiranje uroda.

Sustav za mjerenje uroda istovremeno mjeri i bilježi sadržaj vlage zrna i podatak o poziciji – osnovni podatak potreban za izradu karata uroda (Casady i sur., 1998.).

U većini slučajeva, sustav za mjerenje uroda svake sekunde snima i pohranjuje mjerenja od senzora kombajna, zajedno s GPS koordinatama (obično snima zemljopisnu dužinu i širinu). Sve informacije od senzora se koriste da bi se načinile trenutne procjene uroda usjeva u kilogramima po hektaru (kg/ha) na svakoj točci (određenoj GPS prijemnikom) na parceli (Luck i Fulton 2004.).

2.4.1. Komponente sustava za mjerenje uroda

Senzor uroda

Mjerenje masenog protoka zrna

U određivanju masenog protoka zrna koristi se princip mjerenja sile ili apsorpcije gama zraka od mase zrna u radiometrijskom sustavu mjerenja.

YIELD MONITOR 2000 sustav za mjerenje uroda proizvođača *Ag-Leader* (jednak sustav se nalazi kod *LH AGRO LH 565*, *CASE AFS* i *Deutz-Fahr Teris*) koji koristi princip mjerenja sile i smješten je na vrhu elevatora za očišćeno zrno, na mjestu gdje se isti prazni. Senzor se sastoji od udarne ploče koja je spojena na dinamometar. Zrno kukuruza koje pogađa udarnu ploču stvara impuls sile, koja se mjeri dinamometrom. Pošto je impuls sile produkt mase i brzine, može se izračunati protok mase. Brzina zrna kukuruza se izračunava iz brzine elevatora.

Sustav za mjerenje uroda *GRAIN-TRAK* prozvođača *MICRO-TRAK* (identičan senzor se koristi u *MÜLLER*-ovom sustavu *UNIPILOT*) također radi na principu mjerenja sile. Umjesto udarne ploče koriste se dva mjerna prsta. Brzina zrna se određuje mjerenjem frekvencije snopova zrna koji dolaze sa svake lopatice elevatora.

JOHN DEERE-ov *Greenstar* sustav mjeri silu istezanjem (produženjem) potenciometra. Polukružna udarna ploča je montirana na opružne elemente. Prema Hook-u deformacija opruge ovisi o dodanoj sili. Tako istezanje potenciometra može biti preračunato u silu i u protok mase. Brzina zrna se izvodi od brzine elevatora

DATAVISION FLOWCONTROL sustav za mjerenje uroda proizvođača *MASSEY FERGOUSON* postavljen je na vrhu elevatora za očišćeno zrno i radi na principu radiometrijskog mjerenja.

Zrno bačeno s lopatica elevatora za očišćeno zrno prolazi kroz prostor između slabog izvora radijacije (Americij 241, aktivnost 35 MBq) i radijacijskog senzora. Kako zrno prolazi kroz taj prostor apsorbira radijaciju. Stupanj apsorpcije odgovara masi zrna u prostoru gdje se mjeri. Brzina zrna, koja je izvedena iz brzine elevatora, koristi se za izračun masenog protoka zrna (Kormann i sur., 1998.).

Mjerenje masenog protoka zrna kroz kombajn provodi se mjerenjem sile kojom zrno udara udarnu ploču, koristeći dinamometar - tenziometar ili linearni potenciometar (Shearer i sur., 1999.).

Sustavi (senzori) tog tipa utvrđuju masu po jedinici vremena djelovanjem snage ili impulsa (masa x brzina) zrna, koja su kod glave elevatora s lopatica elevatora bačena u spremnik zrna. Na tom putu prolaze kraj senzora. Senzor se sastoji od dva senzorska prsta koji su priključeni na dinamometar što mjeri snagu ili impuls (*System Micro Track*).

Drugi sustavi te vrste stave na mjesto senzorskih prstiju jednu odskočnu ploču (*System AgLeader* odnosno *LH 565* od *LH-Agro*). Ona stoji okomito na pravac s kojeg se zrno baca. Funkciju savitljivih štapova preuzimaju ugrađene opruge s električnim snimačima pomaka. Zrna koja su bačena na savijenu odskočnu ploču uzrokuju promjenu napona u električnim snimačima puta. Napon se u određenim vremenskim razmacima mjeri i u obliku električnog signala proslijedi dalje u nadzorni sustav. Osnovu za izračunavanje aktualnog uroda površine (t/ha) čine broj okretaja elevatora, radna širina i radna brzina te signali snimača puta. *John Deere*, *Case* i *Deutz-Fahr* koriste ovaj princip mjerenja u svojim kombajnima

Flow Control System tvrtke *Massey-Ferguson* i *Fendt/Dronningborg* također je smješten na glavi elevatora kombajna. Slabo radioaktivni izvor zračenja (Americij 241) šalje određenu količinu gama-zraka k detektoru zračenja. S elevatorskih lopatica bačena količina zrna apsorbira dio zraka. Ako je sloj zrna visok, velika količina zrna apsorbira odgovarajuću visoku količinu zraka, a na detektoru izmjerena vrijednost zračenja bude niska (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Mjerenje volumnog protoka zrna

S tim načinom mjerenja, protok zrna se bilježi prema njegovom volumenu i pretvara preko specifične mase (gustoća) u maseni protok zrna. Volumen se mjeri određivanjem volumena zrna na lopaticama elevatora (otvoreni protok volumena) ili u kotaču s lopaticama (zatvoreni protok volumena).

Sustavi za mjerenje uroda s otvorenim protokom volumena rade sa svjetlosnom preprekom u gornjem dijelu ulazne strane elevatora za očišćeno zrno. Zrno koje se prenosi lopaticama elevatora prekida svjetlosnu zraku (barijeru, snop). Od trajanja tamne faze i od funkcije kalibracije izračunava se visina, tj. volumen zrna na lopaticama (Kormann i sur., 1998.).

Kod ovog sustava mjeri se volumen zrna koje prolazi pokraj senzora. S jedne strane kućišta elevatora smješten je izvor svjetlosti s kojeg se emitiraju svjetlosne zrake. Na suprotnoj strani kućišta elevatora nalazi se jedan ležeći foto senzor, koji registrira i mjeri vrijeme u kojem lopatice elevatora i zrnje, koje se nalazi na njima, propuštaju, odnosno, ne propuštaju

zrake. Ovisno o količini zrna koje se nalazi na jednoj lopatici, duže ili kraće razdoblje, svjetlo ne dospije od izvora do foto senzora. To razdoblje se preračunava uz pomoć odgovarajućeg algoritma u odgovarajuće vrijednosti volumena zrna. Iz prethodno određene specifične mase i obujma zrna utvrđuje se masa zrna, odnosno masa po jedinici vremena.
Sustavi „*Ceres 2*“ i „*Ceres 8000*“ tvrtke *RDS* i „*Quantimeter II*“ tvrtke *Claas* rade na tom principu. Sustavi koji rade na principu mjerenja obujma pokazuju u odnosu na druge sustave mjerenja uroda veću netočnost dobivenih vrijednosti pri radu na padinama. Zato se kombajni s tim sustavom dodatno opreme nagibnim senzorima. Za određivanje mase po jedinici vremena mora biti poznata gustoća zrna (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Volumni protok zrna može se mjeriti koristeći kotač s lopaticama na dnu spremnika za punjenje pužnog transportera. Kotač s lopaticama se vrti kontroliranom brzinom da bi se osiguralo da je područje između susjednih lopatica ispunjeno zrnom. Kotač se vrti do novog položaja, dopuštajući žitu da se nakupi u području između sljedećih dviju lopatica. Volumen zrna se tada izračunava množenjem poznatog volumena između lopatica i broja okretaja kotača s lopaticama (Sharer i sur. 1999.).

Senzor vlage

Da bi se varijabilnost u urodu mogla svesti na skladišnu vlagu zrna, neophodno je stalno mjerenje vlage zrna. Zato se instaliraju senzori za vlagu u punjač spremnika zrna ili u glavu elevatora zrna. Njihova je točnost mjerenja kod stručne ugradnje i egzaktnog baždarenja vrlo visoka (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Podaci o količini usjeva i vlazi se prikupljaju istovremeno da bi se dobili točni urodi. Senzori vlage su često smješteni u elevatoru ili pužnom transporteru za očišćeno zrno. Senzor vlage je u biti niz usporedno poredanih električki izoliranih metalnih ploča.
Zrno koje prolazi preko ploče senzora vlage može ostaviti ostatke koji mogu utjecati na očitanja vlage. Naslage mogu prouzročiti greške u mjerenju vlage (Grisso i sur. 2009.b).

Senzor brzine kombajna

Prijeđena udaljenost kombajnom tijekom perioda uzorkovanja (mjerenja) se određuje množenjem brzine s vremenom uzorkovanja i pohranjuje se kao dio datoteke sustava za mjerenje uroda i potrebna je za određivanje požete površine, koja je proizvod proputovane udaljenosti i efektivne širine žetvenog uređaja tijekom jednog perioda uzorkovanja.
Radar pruža alternativu za mjerenje brzine kombajna i bolji je izbor kada se usporedi s induktivnim senzorom. Nije podložan greškama uzrokovanim zbog proklizavanja kotača što može biti važan faktor kada se kombajni koriste u nepovoljnim uvjetima kao što je vlažno tlo. Međutim, radar je također podložan greškama, osobito kada se koristi u vrlo prašnjavom okruženju. Vjetrom izazvano kretanje korova ili stabljika biljke može izazvati nepravilnu refleksiju radara.
Nedavno su proizvođači sustava za mjerenje uroda počeli koristiti brzinu određenu pomoću GPS prijemnika, ali i u toj metodi također postoje neki nedostaci. Brzina se ne može odrediti kada GPS signal nije dostupan. Također, određivanje brzine GPS-om je podložno istim greškama kao određivanje položaja, međutim GPS brzina je ipak uvijek točnija od određivanja položaja (Shearer i sur., 1999.).

Senzor širine zahvata žetvenog uređaja

Širina zahvata žetvenog uređaja se mjeri pomoću ultrazvučnh senzora, koji se sastoje od piezoelektričnih odašiljača i piezoelektričnih prijemnika. Senzori su smješteni na svakoj strani žetvenog uređaja. Za mjerenje udaljenosti između senzora i usjeva mjeri se vrijeme koje je potrebno da ultrazvučni signal prijeđe od odašiljača do usjeva i odbije se natrag do prijemnika. Proteklo vrijeme se mjeri pomoću sata unutar senzora (Yap i sur., 2011.).

Senzor položaja žetvenog uređaja

Određivanje položaja žetvenog uređaja (da li je podignut ili spušten) je važno jer određuje početak i kraj bilježenja podataka i područje prikupljanja podataka.
Postoje tri različite metode za očitavanje položaja žetvenog uređaja. Jedna od metoda je s magnetskim senzorom koji otvara kontakt kada žetveni uređaj dosegne predodređenu poziciju. Druga metoda koristi rotacijski potenciometar za očitavanje kuta ili podizanja žetvenog uređaja. Po izboru vozača kombajna početna i završna pozicija se određuje u kabini kombajna na kontrolnoj ploči. Treći postupak uključuje praćenje vremena koje je potrebno da žetveni uređaj dođe iz donje u gornju poziciju. Kada vrijeme aktiviranja premaši unaprijed zadanu vrijednost bilježenje podataka se ili uključuje ili isključuje, ovisno da li je žetveni uređaj bio spušten ili dignut (Shearer i sur., 1999.).

Upravljačka jedinica sustava za mjerenje uroda

Upravljačka jedinica sustava za mjerenje uroda sakuplja i snima podatke iz senzora uroda, senzora vlage i DGPS prijemnika. Upravljačka jedinica se koristi za unos naziva parcele, tipa zrna, brojeva umjeravanja, faktora korekcije i drugih podataka koje određuje korisnik. Upravljačka jedinica može također nadzirati ili snimati elevaciju, brzinu elevatora, brzinu kombajna, širinu otkosa, visinu žetvenog uređaja i elektroničke zastavice ručno postavljene od vozača. Elektroničke zastavice se često koriste za snimanje zakorovljenih mjesta. Te zastavice mogu locirati i identificirati druge probleme ili prepreke poput kamenja, nepravilnosti terena, stajaćih voda, itd. (Grisso i sur. 2009.b).

Za prijenos „sirovih“ podataka iz kombajna u računalo ponuđene su različite mogućnosti. Može se koristiti USB „memory stick“ ili SD/CF kartica, ovisno o uređaju (računalu u kabini) (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Kapacitet kartice ponekad se navodi u satima rada jer se podaci obično pohranjuju u vremenskim razmacima od 1 do 3 s (Grisso i sur. 2009.b).

2.5. Izvori grešaka kod mjerenja i kartiranja uroda

2.5.1. Umjeravanje i održavanje senzora uroda

Senzori uroda se moraju umjeriti za svaku vrstu zrna/usjeva i za svaku promjenu uvjeta žetve. Po pravilu proizvođači navedu osnovno umjeravanje. Kod mnogih sustava automatski

se na početku jednog naloga (nakon nekoliko minuta vršidbe) provede novo umjeravanje. Dok se umjeravanje kod senzora koji rade po volumetrijskom principu može relativno točno provesti, kod senzora koji rade po principu snage/impulsa točnost je manja. Da bi se ovdje postigla veća točnost, potrebno je izvesti umjeravanje putem usporedbe izmjerenih rezultata senzora s rezultatima iz usporednog vaganja.

Da bi se izbjeglo ometanje svjetlosne zapreke, mjernih prstiju ili odskočne ploče zbog velikog onečišćenja, moraju se povremeno čistiti. Kod vlažne i jako zakorovljene vršidbe potrebno je češće čišćenje nego kod suhe vršidbe (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Umjeravanje senzora protoka zrna se sastoji od vaganja i bilježenja vlage u prvih par spremnika prikupljenih pod različitim uvjetima, kao što je različita brzina žetve ili brzina protoka zrna (Grisso i sur., 2009.b).

Da bi se umjerio senzor protoka zrna potrebno je izvagati zrno koje je ubrano tijekom određenog intervala, a zatim upisati stvarnu masu ubranog zrna u računalo sustava za mjerenje uroda. Taj interval se može sastojati od jednog do nekoliko spremnika za zrno kombajna. Na temelju definiranog pristupa, sustav za mjerenje uroda koristi ove informacije kako bi odgovarale krivulji umjeravanja ili nizu čimbenika određenog senzora uroda (senzora protoka zrna), vrsti uroda i geometriji kombajna i/ili senzora. Ako se bilo koji od ovih parametara promijeni sustav se mora ponovno umjeriti. Promjene u svojstvima zrna kao što su masa i sadržaj vlage mogu zahtijevati češće umjeravanje (Shearer i sur., 1999.).

Senzor protoka zrna je najkritičnija komponenta sustava za mjerenje uroda. Proces umjeravanja za senzor protoka zrna je dugotrajan, ali vrlo važan za točna mjerenja uroda. Očitanja senzora protoka zrna mogu biti uvjetovana vrstom usjeva, sadržajem vlage i probnom težinom pa vozač kombajna mora provesti odvojeno umjeravanje pod tim drugačijim okolnostima. Odvojena procedura umjeravanja bi uvijek trebala biti izvedena i spremljena u računalu u kabini za različite usjeve.

U nekim slučajevima, podaci senzora za mjerenje uroda mogu biti poboljšani izvođenjem odvojenih umjeravanja za visoko i nisko vlažan usjev. Dobro pravilo je imati spremljene različite vrijednosti umjeravanja za razne usjeve iznad i ispod 20 % sadržaja vlage.

Tijekom procesa umjeravanja vrijednosti mase uroda se unose u računalo sustava za mjerenje uroda unutar kabine kombajna. Računalo tada stvara jednadžbu (razmjerni faktor) da bi odredilo vrijednosti uroda bazirane na podacima iz senzora.

Umjeravanje senzora uroda za mjerenje količine zrna je važno za sakupljanje točnih podataka o urodu. Uvijek treba provjeriti upute proizvođača da bi se odredilo kako najbolje prikupiti usjev za umjeravanje sustava za mjerenje uroda usjeva. Umjeravanje treba provoditi svake sezone, osim ako su mjerenja uroda senzorom za mjerenje količine zrna uspoređene s vaganjima u prikolicama i greške su manje od 3 %. Tijekom sezone treba provjeravati da se nečistoće ili drugi materijali ne nakupljaju na ili oko senzora za mjerenje uroda kako bi on ispravno radio.

Još jedan problem koji utječe na mnoge senzore za mjerenje količine zrna je nagib parcele. Žetvom/berbom uz, niz ili preko nagiba može utjecati na količinu zrna koje prolazi preko senzora i trebalo bi ga uzeti u obzir ako se rade usporedbe prohoda (Luck i Fulton 2004.).

Pravilno i pravovremeno umjeravanje sustava za mjerenje uroda je također vrlo važno. Dobro umjeren sustav za mjerenje uroda će dati informacije o urodu s točnošću većom od 97%. Ponovno umjeravanje se mora izvesti kada se značajno promijene uvijeti na parceli kao što je vlaga usjeva (5-8%) (Grisso i sur. 2009.c).

2.5.2. Umjeravanje i održavanje senzora vlage

Umjeravanje senzora vlage se odnosi na postupak dobivanja razmjernog faktora za ispravljanje sadržaja vlage zrna. Uzorak zrna iz senzora vlage ili pužnog transportera za punjenje spremnika treba prikupljati, analizirati i usporediti sa očitanjem senzora vlage iz trenutka u vremenu kada je zrno prošlo preko senzora kako bi došli do točnog razmjernog faktora. Treba biti oprezan prilikom podešavanja razmjernog faktora vlage, osobito kada se uzme u obzir točnost uređaja za mjerenje vlage koji će se koristiti za određivanje sadržaja referentne vlage u zrnu. Razmjerni faktor varira s vrstom žitarica i svaka vrsta treba umjeravanje da bi se odredio točan odnos (Shearer i sur., 1999.).

Dok većina senzora vlage ne zahtijevaju mnogo servisiranja i održavanja tijekom sezone žetve, zbog mogućnosti pojave grešaka u očitanju sadržaja vlage vozači kombajna bi povremeno trebali provjeravati da li su senzori čisti i da li rade normalno.

Uglavnom, senzori vlage pružaju odgovarajuće procjene vlage žita u rasponu od 10 do 33 %. Vrijednosti koje padnu izvan tog raspona mogu biti greške i možda nisu pogodne za analizu podataka (Luck i Fulton 2004.).

2.5.3. Postavke vremena odgode u detekciji usjeva

Potrebno je neko vrijeme da bi zrno proputovalo kroz kombajn nakon što je otkošeno na žetvenom uređaju. Zbog toga programi za kartiranje koriste vrijeme odgode u detekciji usjeva da bi odredili kada i gdje je otkošeno zrno koje prolazi preko senzora protoka zrna.

Vozač kombajna treba unijeti točno vrijeme odgode u korisničko sučelje u kabini da bi osigurao da su očitanja senzora protoka zrna pravilno podešena i da bi se podudarala s zabilježenim GPS točkama i drugim podacima od senzora. Postavka vremena odgode bi trebala odražavati vremenski period od kad je usjev otkošen do kad ovršeno zrno prelazi preko senzora protoka zrna, ne kada ulazi u spremnik za zrno.
Za većinu kombajna, vrijeme zaostajanja bi trebalo biti između 10 i 15 s, ali vozači možda žele to potvrditi dvostrukim provjeravanjem vremena zaostajanja. To može biti postignuto mjerenjem vremena koje je potrebno da otkošen usjev uđe u spremnik, imajući na umu da bi jedna ili dvije sekunde trebale biti oduzete od te vrijednosti pošto je senzor protoka zrna ispred spremnika za zrno (Luck i Fulton 2004.).

Na primjer kombajn koji ima odgodu od 15 s da detektira usjev te će prijeći put od 33.5 m i ubrati skoro 0.016 ha prije nego se na zaslonu sustava za mjerenje uroda prikaže točan ili stabilan urod (Grisso i sur., 2009.c).

Uzroci vremena odgode u detekciji protoka usjeva su sam kombajn i ponekad čak specifični usjev, a tipične vrijednosti za usjev žitarica variraju od oko 10 do 12 s (Viacheslav i sur., 2004.).

Vrijeme odgode ovisi o vrsti usjeva, vlazi usjeva, postotku stranih tvari te unutarnjem dizajnu i postavkama kombajna. Vrijeme odgode će biti drugačije pri različitim brzinama kombajna u žetvi (Yap i sur., 2011.).

2.5.4. Upravljanje senzorom položaja žetvenog uređaja

Senzor položaja žetvenog uređaja bi trebao biti ispravno instaliran i vozač kombajna bi trebao biti siguran da spušta ili podiže žetveni uređaj samo kada ulazi ili izlazi iz usjeva. To će osigurati da podaci o urodu odgovaraju mjestu gdje su požeti.

Čest problem je da mnogi vozači kombajna ne podignu žetveni uređaj iznad potrebne visine kada se okreću na uvratinama. Kao rezultat obično je nekoliko točaka prijavljeno s malo ili bez procjena uroda jer zrno ne prolazi preko senzora protoka. To također rezultira bilježenjem većih površina nego što su ustvari požeta, što snižava konačnu procjenu uroda na parceli (Luck i Fulton 2004.).

2.5.5. Širina otkosa žetvenog uređaja

Širina otkosa žetvenog uređaja je bila jedan od najtežih problema za riješiti s obzirom na točne procjene uroda. To je problem koji je najčešće bio ispravljan tijekom pregledavanja podataka o urodu nakon žetve. Ručan unos širine otkosa je još uvijek uobičajena praksa i vozači kombajna trebaju unijeti dobre procjene za širinu otkosa u korisničko sučelje u kabini kombajna. Kada se širine otkosa precijene, urod će biti procijenjen niži nego što je stvarno. Podcjenjivanje širine otkosa će umjetno povećati procjenu uroda.

Neki noviji sustavi za mjerenje uroda nude automatsko podešavanje širine otkosa koristeći kontrolu zahvata, koja će smanjiti unijetu širinu otkosa kako žetveni uređaj prođe preko prethodno požetih područja (Luck i Fulton 2004.).

Za točne rezultate treba se unijeti ispravna širina žetvenog uređaja i raditi s kombajnom na toj širini. Kako se sužava područje žetve tako bi se i unesena širina žetvenog uređaja trebala promijeniti (Grisso i sur. 2009.b).

2.5.6. Upravljanje kombajnom opremljenim sustavom za mjerenje uroda

Za najbolju preciznost sustava za mjerenje uroda treba kombajn održavati na protoku mase kako je umjeren. Brzinu rada treba podesiti kao što se urod mijenja da bi se održao konstantan protok usjeva kroz kombajn (Grisso i sur. 2009.b).

2.6. Izrada i tumačenje karata uroda

Podaci o urodu se moraju kombinirati s programom za kartiranje i podacima o lokaciji da bi se izradila karta koja prikazuje varijacije u urodu i vlazi zrna.

Neke stvari treba razmotriti prilikom nabavke programa za kartiranje uroda: specifikacije sustava, instalacija i podrška, rukovanje podacima i kvaliteta izrade karata. Karte uroda iste parcele od različitih programa za kartiranje drugih proizvođača mogu izgledati vrlo različito (Grisso i sur. 2009.c).

2.6.1. Prezentiranje karata uroda

Svrha karte uroda je da pruži korisne vizualne slike pozicije i veličine varijabilnosti uroda. Svaka boja predstavlja raspon uroda. Svaki raspon ne treba biti obavezno iste veličine, ali neka simetričnost bi vjerojatno postojala oko prosjeka uroda.

Broj i veličina raspona bi trebala biti odabrana da pruži korisne informacije o varijabilnosti uroda dok minimalizira kompleksnost. Karta koja sadrži premalo raspona neće pružiti dovoljno korisnih informacija, dok karta koja sadrži previše malih raspona može biti tako kompleksna da je teška za uporabu (Casady i sur., 1998.).

2.6.2. Obrada „sirovih“ podataka za izradu karata uroda

Nakon izrade datoteke „sirovih“ podataka, podaci se učitavaju u računalo, pregledavaju se pogreške, isprave se i za daljnju obradu prenesu u prikladan format. Kod nekih sustava su jednostavne mogućnosti analize i izrade karata sadržane već u računalnom programu sustava za kartiranje uroda.

Da bi GIS mogao obrađivati „sirove“ podatke, moraju se konvertirati u za GIS čitljiv format. Po pravilu se binarni polazni podaci prevedu u format podataka sa zarezom odvojenim sadržajima, sukladno ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) nomenklaturi.

Kod skoro svih sustava se „sirovi“ podaci uroda tek u GIS-u obrađuju u karte uroda. Točnost „sirovih“ podataka uroda se određuje kroz točnost određivanja uroda površine na koju se odnosi. Dobri sustavi mjerenja uroda dalekosežno izjednačuju vremensku razliku između stvarnog trenutka rezanja i trenutka mjerenja. To se događa ili odmah kod obračunavanja

količine uroda preko programske podrške sustava za mjerenje uroda ili pomoću GIS-a na stacionarnom računalu (Jurišić i Plaščak, 2009.).

2.7. Primjena karata uroda

Kako bi ove karte bile od neke vrijednosti, podaci proizašli iz njih moraju biti uključeni u donošenje odluka, analizu i cjelokupan proces planiranja operacija proizvodnje.

Koju strategiju treba koristiti za provedbu postupaka uzgoja usjeva baziranu na karti uroda? Prvo treba promijeniti očito. To bi moglo uključivati bolje održavanje opreme da bi se ispravila loša aplikacija inputa kao što su sjeme, gnojivo i zaštitna sredstva. Zatim treba raditi na inputima koji se mogu promijeniti i onima koji imaju najveći utjecaj na ekonomičnost proizvodnje, kao što su hibridi i izbor sorte, unos gnojiva i strategija kontrole korova (Grisso i sur. 2009.c).

Varijacije uroda od jedne godine mogu biti jako pod utjecajem vremenskih prilika. Pregledavanjem zabilješki informacija o urodu od nekoliko godina i uključujući podatke od godina s ekstremnim vremenskim prilikama pomaže u određivanju da li je promatrana razina uroda uzrokovana uslijed načina upravljanja ili klimom.

Mjerenja uroda su osnova za donošenje dobrih odluka o upravljanju uzgojem usjeva. Međutim, tlo, krajolik i drugi okolišni čimbenici moraju također biti uzeti u obzir kada se interpretiraju karte uroda. Kada se pravilno koriste, informacije o urodu pružaju važnu povratnu vezu u određivanju efekata inputa kao što su gnojiva, kalcifikacija, sjetva, uporaba pesticida i načini obrade, uključujući oranje ili navodnjavanje (Davis i sur., 1998.).

Za daljnje analize i izradu aplikacijskih karata ipak je potrebna upotreba GIS-a (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Podaci iz karata uroda bi se trebali koristiti s podacima o tlu (fizikalne karakteristike, sadržaj hraniva) da bi se odredili uzroci varijabilnosti. Ti podaci se isto tako mogu koristiti u upravljačkim programima da bi se napravile odluke o uzgoju usjeva (Casady i sur., 1998.).

3. Strojevi za žetvu i ubiranje ratarskih usjeva

3.1. Univerzalni žitni kombajn

Žitni kombajn (eng. *Grain combine harvester*) je kombinirani stroj koji istovremeno žanje, vrši i čisti žitarice u jednome prohodu (Zimmer i sur., 1997.).

U drugoj polovici 20. stoljeća žitni se kombajn razvija u univerzalni žitni kombajn (Slika 3.1.), koji zamjenom različitih izvedbi žetvenih uređaja (hedera) te manjim preinakama i podešavanjima vršidbenog uređaja žanje ili bere i vrši, osim strnih žitarica, i sve uljarice, kukuruz, sjeme trava, mahunarke i dr.



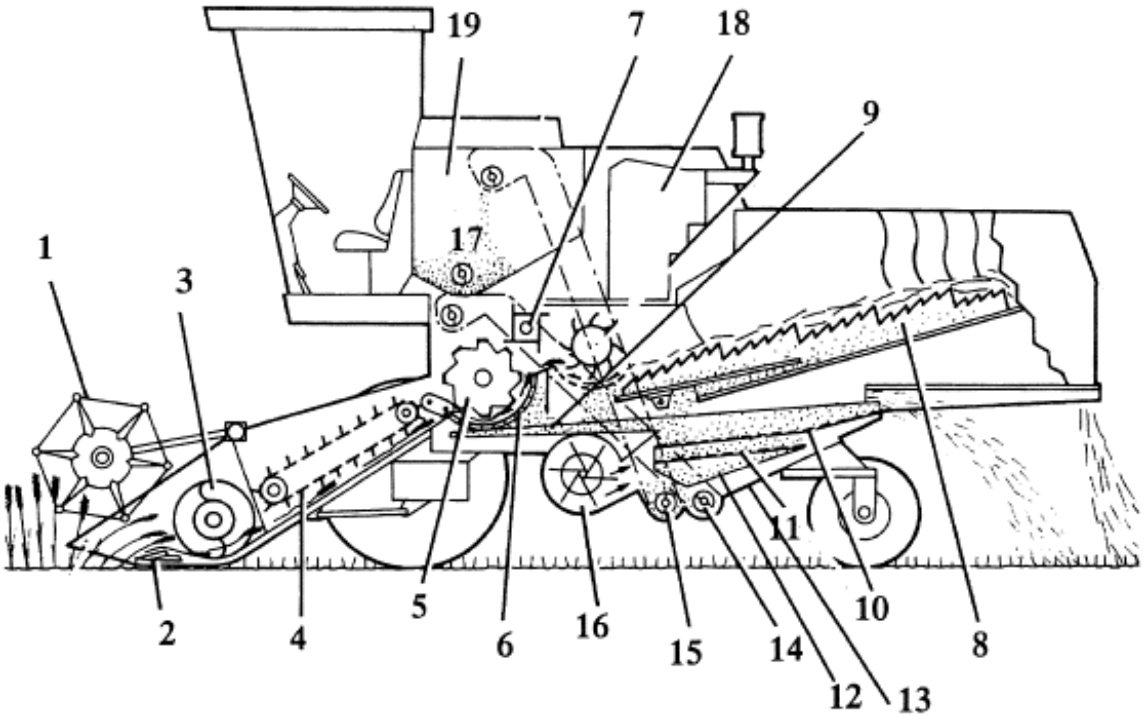
Slika 3.1. Suvremeni samokretni univerzalni žitni kombajn s žetvenim uređajem za strne žitarice (John Deere)

Izvor: http://www.martinsullivan.com/john-deere-pre-owned-equipment/635d-draper-platform-detail.html

Univerzalni žitni kombajn sastoji se od nekoliko osnovnih sklopova, i to:

- žetvenog uređaja,
- vršidbenog uređaja,
- uređaja za čišćenje zrna od žetvenih ostataka,
- hidrauličnoga sustava,
- sustava za kretanje i upravljanje.

Osnovni sklopovi sastoje se od većeg ili manjeg broja dijelova, koji su funkcionalno i tehnički vezani u jednu cjelinu (Slika 3.2.).



Slika 3.2. Shematski presjek univerzalnog žitnog kombajna – dijelovi u tehnološkom procesu rada: 1 – vitlo, 2 – kosa, 3 – pužnica, 4 – letvičasti transporter, 5 – bubanj, 6 – oblovina, 7 – odbojni bubanj, 8 – slamotresi, 9 – sabirna ploha, 10 – gornje rešeto s produžetkom, 11 – donje rešeto s produžetkom, 12 – slivni lim za zrno, 13 – slivni lim za neovršene klasiće, 14 – pužni transporter i elevator za neovršene klasiće, 15 – pužni transporter i elevator za očišćeno zrno, 16 – ventilator, 17 –pužni transporter na dnu spremnika za zrno koji služi za istovar, 18 – motor, 19 – spremnik za zrno

Izvor: Zimmer i sur., 1997.

3.1.1. Žetveni uređaj za strne žitarice

Dijelovi žetvenog uređaja su korito-platforma s razdjeljivačima žitne mase, podizači poleglih stabljika, kosa, vitlo (motovilo), dvosmjerna pužnica s uvlačnim prstima na srednjem dijelu pužnice, letvičasti transporter i uređaji za pogon i podešavanje.

Košnju s transportom žitne mase obavlja žetveni uređaj. Rad se sastoji u dovođenju stabljika do kose pomoću vitla, njihovom odsjecanju i prebacivanju u sabirno korito, odakle se pomoću pužnog transportera i uvlačnih prstiju masa letvičastim transporterom dovodi do vršidbenog uređaja.

3.1.2. Vršidbeni uređaj

Prema načinu izdvajanja zrna, razlikujemo tri sustava vršidbe:

- tangencijalni,
- aksijalni i
- tangencijalno-aksijalni.

Dijelovi vršidbenog uređaja su: hvatač kamena, bubanj s oblovinom i stražnji (odbacujući) biter.

Vršidba se obavlja vršidbenim uređajem, gdje se dio zrna iz klasova izdvoji udarnim djelovanjem letava bubnja, a preostala zrna se izdvajaju trenjem u suženom prostoru između bubnja i oblovine. Oko 75-90 % ovršenog zrna, pljeve, nečistoće, kratka slama i neovršeni klasići prosijavaju se kroz otvor oblovine i padaju na sabirnu plohu.

3.1.3. Uređaj za čišćenje zrna od žetvenih ostataka

Dijelovi uređaja za čišćenje su: slamotresi, sabirna ploha, gornje i donje sito (rešeto) te ventilator.

Ovršena slama s 10-25 % slobodnog zrna dospijeva na slamotrese posredstvom odbojnog bubnja, koji smanjuje brzinu mase i usmjerava je na početak slamotresa. Na slamotresima dolazi do izdvajanja zrna iz slame te izbacivanja slame iz kombajna. Zrno izdvojeno iz slame propada kroz otvor u korito slamotresa (ili posebnu sabirnu plohu) i klizi na sabirnu plohu ispod oblovine. Sabirna ploha usmjerava osciliranjem smjesu zrna i nečistoća preko češlja (na zadnjem dijelu sabirne plohe) na gornje rešeto. Oscilirajućim gibanjem lađe dolazi do razdvajanja zrna i težih primjesa od pljeve i kratke slame. Pljeva i kratka slama se djelovanjem zračne struje izbacuju iz kombajna i padaju na tlo. Neovršeni klasići kao teži dio smjese klize po gornjem situ i na njegovom zadnjem dijelu (veći otvori) propadaju u korito pužnog transportera za neovršene klasiće. Na donjem rešetu lađe odvaja se zrno sa sitnim nečistoćama od dijela neovršenih klasića. Neovršeni klasići se prelijevaju preko donjeg rešeta i padaju u korito pužnog transportera za neovršene klasiće. Pomoću tog transportera i elevatora odlaze na ponovni vršaj. Kod nekih kombajna ta masa odlazi na posebni bubanj, gdje se obavi vršaj i sa strujom zraka masa bude prebačena na sabirnu plohu. Nečistoće i zrna korova prosijavaju se kroz otvore rešeta pa čisto zrno pomoću pužnog transportera i elevatora odlazi kod većine kombajna u spremnik za zrno, koji se prazni u hodu ili sa stajanjem, prema potrebi, pomoću pužnog transportera za istovar. Takvo je zrno nečisto i lošije je kvalitete. Da bi se dobilo čišće zrno kod nekih kombajna zrno ide na drugo čišćenje (poseban sustav sita i ventilatora) i pročišćeno u spremnik. (Zimmer i sur., 1997.)

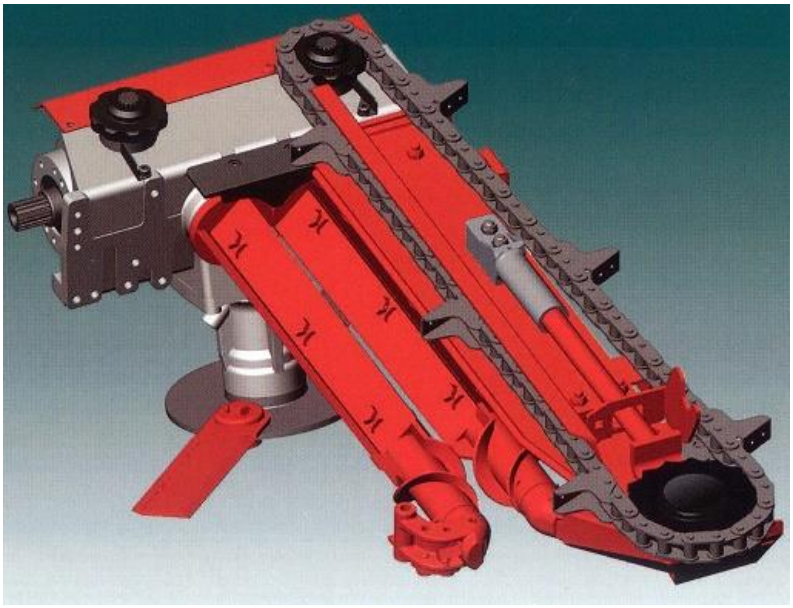
3.1.4. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za berbu kukuruza

Sve više se za berbu kukuruza koristi univerzalni žitni kombajn i to zamjenom žetvenog uređaja za strne žitarice žetvenim uređajem za berbu kukuruza (Slika 3.3). Žetveni uređaj za kukuruz izvodi se u varijanti s četiri, šest ili osam redova ovisno o konstrukciji i propusnoj moći kombajna. Žetveni uređaj čine vertikalno podesivi razdjeljivači, uvlačni lanci s prstima, otkidačke ploče, profilirani valjci za uvlačenje stabljike, nož koji sprječava namatanje biljne mase na valjke, pužni transporter s prstima i uvlačni transporter (Slika 3.4.). Osnovni zadatak žetvenog uređaja za berbu kukuruza je da otkida klipove. Privodnim lancima s prstima biljka kukuruza dovodi se u zahvat sa uvlačećim, otkidajućim valjcima, koji je povlače naniže. Stabljika se provlači kroz zazor među otkidačkim pločama. Ovaj zazor je tako podešen da kroz njega prolazi stabljika, ali ne i klip, koji se tada otkida. Prilikom otkidanja klipove zahvaćaju prsti privodnih lanaca i guraju ih do kraja ploča s kojih padaju na poprečno postavljeni pužni transporter koji ih odvodi do uvlačnog transportera koji ih na kraju odnosi do vršidbenog uređaja kombajna. Većina konstrukcija ovih žetvenih uređaja imaju ispod ili iza headerskog stola ugrađene sitnilice za stabljike.



Slika 3.3. Univerzalni žitni kombajn sa sklopivim žetvenim uređajem za berbu kukuruza (John Deere)

Izvor:
https://www.deere.com/en_US/corporate/our_company/news_and_media/press_releases/2016/agriculture/2016aug30-608FC.page



Slika 3.4. Detalj aparata žetvenog uređaja za berbu kukuruza: uvlačni lanci s prstima, uvlačno-otkidački valjci, nož za sječku stabljike (Geringhoff)
Izvor: Zimmer i sur. 2009.

Za berbu i runjenje kukuruza potrebno je na kombajnu obaviti neke zahvate i podešavanja:

- zatvaranje sakupljača kamena (klipovi bi ga napunili),
- zatvaranje prostora između letava bubnja s posebno izvedenim pločama koje usmjeravaju klip kukuruza između bubnja i oblovine i sprečavaju da klip samo prođe kroz bubanj,
- podesiti broj okreta bubnja (prema uputama za rad) za berbu kukuruza. Broj okretaja određuje se s obzirom na vlažnost kukuruza pa je pri berbi vlažnijeg klipa broj okreta veći, a kod sušeg nešto manji. Isto vrijedi za berbu u jutarnjim i večernjim satima u odnosu na rad u toplijem dijelu dana. Obodna brzina bubnja u rasponu je najčešće 14 do 16 m/s, a broj okretaja bubnja 400 do 600 o/min. Berba kukuruza može započeti kada je vlaga zrna 27-30 %, iako se često bere kada je vlaga oko 35 %. Zrno je najmanje osjetljivo na oštećenje kod vlažnosti 18 do 22 %.
- kod većine kombajna mijenja se žitna oblovina s oblovinom za kukuruz koja je robusnija i ima veće otvore,
- podesiti razmak na ulazu i izlazu između bubnja i podbubnja. Pravilo je da ulazni razmak mora biti nešto veći od promjera klipa, a izlazni nešto veći od promjera oklaska. Tijekom rada ta podešavanja treba provjeravati.
- kod nekih kombajna na prve stepenice slamotresa postavljaju se limovi,
- obaviti ostala podešavanja na kombajnu prema uputama za rad kombajna.

3.1.5. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za žetvu uljane repice

Uljana repica je sklona samoosipanju. Da bi se tijekom žetve smanjili gubici uzrokovani osipanjem žetveni uređaj za uljanu repicu ima isturen stol za 60 cm te posebne razdjeljivače. U većini slučajeva desni, ili oba razdjeljivača imaju vertikalnu kosu duljine 1 m za efikasno razdvajanje mase koja se kosi, od one koja se ne kosi u tom prohodu (Slika 3.5.). Najnovije izvedbe žetvenih uređaja za žetvu uljane repice imaju horizontalnu beskonačnu traku umjesto fiksnoga metalnoga stola.



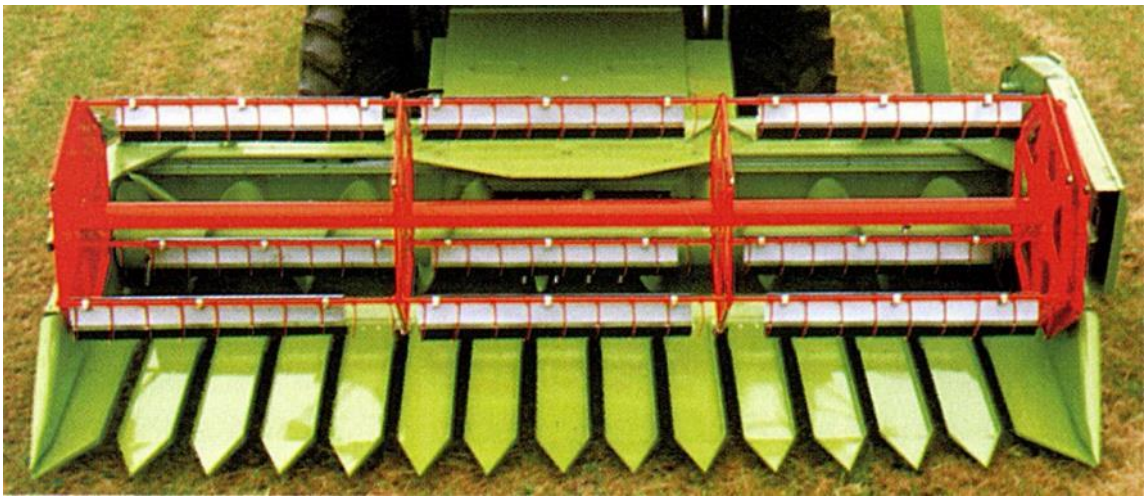
Slika 3.5. Žetveni uređaj za žetvu uljane repice opremljen s dvije vertikalne kose i produženim stolom-platformom (John Deere)

Izvor: Zimmer i sur. 2009.

Razmak između bubnja i oblovine na ulazu treba biti 16 mm, na izlazu 8 mm, a broj okretaja bubnja u rasponu 600 do 800 o/min.

3.1.6. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za ubiranje suncokreta

Specifičnost rada žetvenog uređaja za ubiranje suncokreta (Slika 3.6.) je u odrezivanju stabljika neposredno ispod glava tako da u vršidbeni uređaj kombajna idu samo glave suncokreta. Berba se obavlja jednofazno pomoću adaptiranog ili posebnog žetvenog uređaja, na čijem su prednjem dijelu limeni razdjeljivači ili podizači stabljike. Na prednjem su dijelu šiljasti i povijeni prema dolje. Vezani su za prednji kraj žetvenog uređaja, ima ih veći broj, a razmak između dva susjedna podizača omogućuje slobodan prolaz stabljike. Kretanjem kombajna, stabljike koje ulaze između razdjeljivača bivaju gurnute prema naprijed, tako da glava suncokreta klizi po površini razdjeljivača. Tek kada je stabljika zategnuta, kosa odreže stabljiku. Iznad kose postavlja se radijalno vitlo manjeg promjera koje je zaštićeno s limenim štitnikom. Vitlo zahvaća glave suncokreta i odbacuje ih prema spiralnom transporteru. Limeni zaštitnik vitla, čiji se položaj može regulirati ima zadatak spriječiti prerano rezanje glava suncokreta.

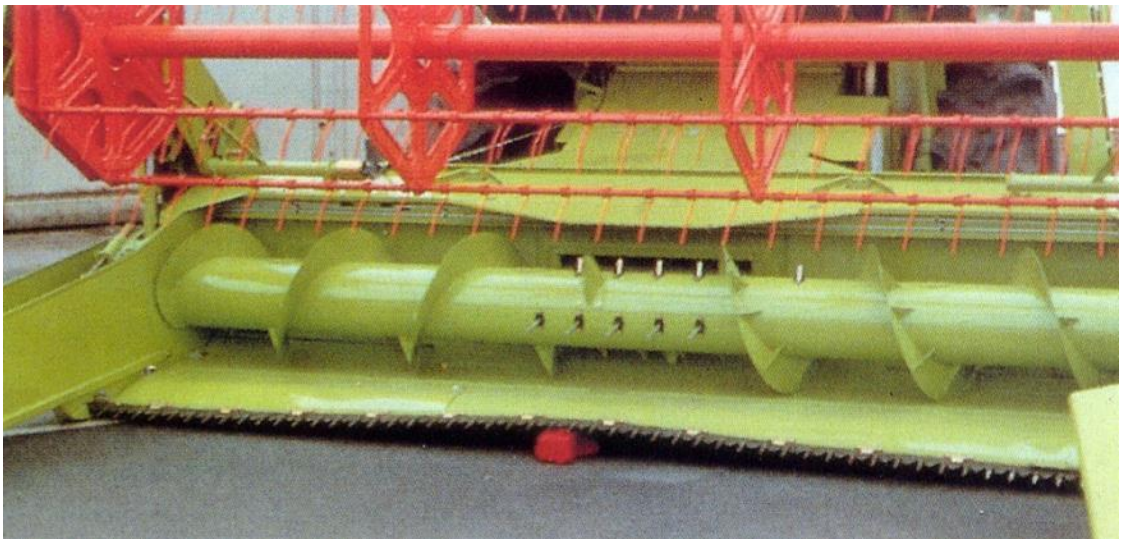


Slika 3.6. Žetveni uređaj za ubiranje suncokreta
Izvor: Zimmer i sur. 2009.

U žetvi suncokreta razmak između bubnja i oblovine na ulazu treba biti 32 do 45 mm, a izlaz 10 do 25 mm, dok je broj okreta bubnja u rasponu 350 do 500 o/min. Gornje sito treba otvoriti 1/2, a donje 1/3.

3.1.7. Adaptacije univerzalnog žitnog kombajna za žetvu soje

Plod soje je mahuna, od kojih najniže vise neposredno iznad tla. Mahune su sklone samoosipanju. Najveći gubitak nastaje previsokom košnjom, pa mahune koje nisko vise ne budu odrezane ili budu tek djelomično odrezane. Zbog toga se žetva soje danas obavlja univerzalnim žitnim kombajnom opremljenim posebnim žetvenim uređajem za žetvu soje. Glavna razlika između žetvenog uređaja za strne žitarice i žetvenog uređaja za soju je u kosi. Žetveni uređaj za soju ima fleksibilnu (savitljivu) kosu (Slika 3.7.). Fleksibilna kosa može bolje kopirati neravnine terena i zbog toga može vrlo nisko odrezati stabljike soje. To joj omogućuje plivajući ovjes na stolu žetvenog uređaja. Uz to žetveni uređaj je opremljen uređajem za kopiranje terena (klizačem) kojim se ostvaruje najniži mogući rez.



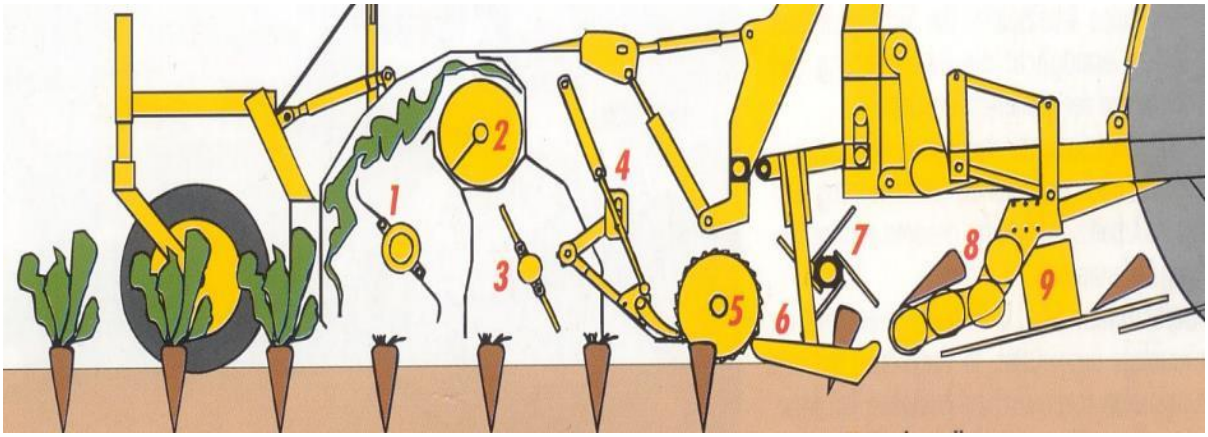
Slika 3.7. Fleksibilna kosa za žetvu soje
Izvor: Zimmer i sur. 2009.

Podešavanja kombajna za žetvu soje su: povećati za 20 % broj okretaja vitla, podići u viši položaj spiralni transporter, smanjiti broj okretaja bubnja (postoji i mogućnost zamjene željeznih letava gumenim ili drvenim radi manjeg oštećenja zrna), promijeniti žitnu oblovinu za kukuruznu i podesiti zazor na ulazu i izlazu iz bubnja, podesiti lađu kombajna i ventilator.

3.2. Kombajn za šećernu repu

3.2.1. Uređaj za pripremu i vađenje šećerne repe

Uređaj za pripremu i vađenje šećerne repe (Slika 3.8.) prvo odsjeca nadzemnu lisnu masu šećerne repe pomoću sjekača lišća te je podiže u pužni transporter, koji je iznosi na stranu i dodaje rotirajućem razbacivaču podešenom da je ujednačeno rasprostire po prethodnom prohodu. Nakon toga čistač (rotor) očisti preostali dio stabljike te sjekač glave reže glavu repe (vrh nadzemnog dijela korijena). Vađenje korijena repe obavlja se raonim vadilicama (raončićima za vađenje) ili slobodno rotirajućim kotačima ili kombiniranim vadilicama s parom raončića i parom kotača iz još netaknutog (nezbijenog) tla kotačima kombajna, čime je rad vadilice olakšan. Oni podižu korijen i predaju ga organima za prihvaćanje izvedenim u obliku zvjezdastog sita ili okretnih valjaka s reljefnom površinom. Ovi elementi odmah započinju čišćenje korijena, ali osnovna im je zadaća korijen dostaviti na elemente za čišćenje.



Slika 3.8. Uređaj za pripremu i vađenje šećerne repe: 1-sjekač lista, 2-pužni transporter, 3-odstranjivač zaostalog lišća, 4-sjekač glava, 5-taster za automatsko određivanje dubine vađenja, 6-vadilica, 7-čistač repe, 8-valjci za čišćenje, 9-sita

Izvor: Zimmer i sur. 2009.

3.2.2. Elementi za čišćenje korijena šećerne repe

Elementi za čišćenje korijena kako im i samo ime govori čiste (odvajaju - otresaju) korijen od zemlje. Po izvedbi su slični i kombinacija su zvjezdastih sita, valjaka s izbočenjima i sitastih traka.

3.2.3. Transporter za očišćeni korijen šećerne repe

Iza čišćenja korijena šećerne repe on odlazi na žičani transporter i dalje u spremnik (bunker) ili se automatski prebacuje u prikolicu koju traktor vuče usporedno s kombajnom.

3.3. Kombajn za krumpir

3.3.1. Uređaj za iskapanje gomolja

Uređaj za iskapanje se sastoji od: pritiskujućeg valjka, trodijelnog rala i para crtala.

Pritišćući valjak može biti izveden od dva međusobno ukošena gumena ili čelična kotača koji naliježu postrano na red. Može biti izveden i iz jednog dijela koji prelazi preko humaka i na taj način zelenu masu usmjerava u suprotnom smjeru od nailaska rala, a ujedno određuje dubinu rada. Valjak je postavljen ispred rala da se izbjegne gnječenje gomolja kod izdizanja mase zemlje i gomolja ralom.

Ralo se sastoji od tri dijela. Vrhovi dijelova rala su trokutastog oblika s ukošenom gornjom stranom. Funkcija mu je iskapanja gomolja iz tla.

Crtala s lijeve i desne strane imaju zadaću odsjecanja zelene mase da ne dođe do zagušenja rala.

3.3.2. Uređaj za protresanje

Nakon što izvađena masa gomolja i tla prijeđe preko rala dolazi na protresajući transporter koji se sastoji od uređaja za prosijavanje zemlje i uređaja za odvajanje zelene mase od gomolja.

Protresajući transporter može biti izveden na više načina: vibrirajuća rešeta, beskonačne gumene trake s poprečnim čeličnim prutovima, prosijavajući bubanj, rotirajuće rešeto ili beskonačni transporter s gumenim prstima i nalijegajućom trakom. Najčešće se koriste beskonačne gumene trake s poprečnim čeličnim prutovima.

3.3.3. Uređaj za odstranjivanje zelene mase

Sastoji se od dvije paralelne gumene trake međusobno povezane poprečnim čeličnim prutovima. Traka je pričvršćena iznad prednjeg dijela protresajućeg transportera i slobodno naliježe na njega s dvije trećine svoje dužine.

U našim uvjetima rada poseban je problem odvajanja cime i zelene mase korova. U tu svrhu koristi se više sustava: grubi odjeljivač cime (transporter s poprečnim prutovima), transporter s gumenim prstima, odjeljivanje cime na osnovu težine gomolja i cime, odjeljivanje s nasuprotnim uvlačećim valjcima ili odjeljivanje pomoću zračne struje.

Odvajanje cime može se izvesti i pomoću para suprotno rotirajućih valjaka na kraju protresajućeg transportera.

3.3.4. Kružni transporter

Postavljen je paralelno s protresajućim transporterom, a funkcionalno ih povezuje jedan poprečno postavljen manji transporter.
Kružni transporter je kolo koje po obodu ima pregrade opletene plastificiranim čeličnim užetom. Transporter je podijeljen na dvadeset pregrada oblika košarica. Ovaj transporter služi za dizanje gomolja s protresajućeg transportera na probirački stol.

3.3.5. Uređaj za probiranje gomolja

Sastoji se od: prihvatnog transportera i probiračkog stola.

Prihvatni transporter je ukošen prema probiračkom stolu. On prihvaća gomolje koji ispadaju iz kola koje ima suprotni smjer gibanja i dodatno odstranjuje zaostale primjese od mase gomolja.

Stol za probiranje je plitko korito s beskrajnom trakom. Uzdužno je podijeljen letvicom koja se može pomicati prema potrebi u lijevo i desno. Letvica služi za usmjeravanje odvojenog gomolja i primjesa. Gomolji nastavljaju put prema spremniku dok primjese padaju na zemlju.

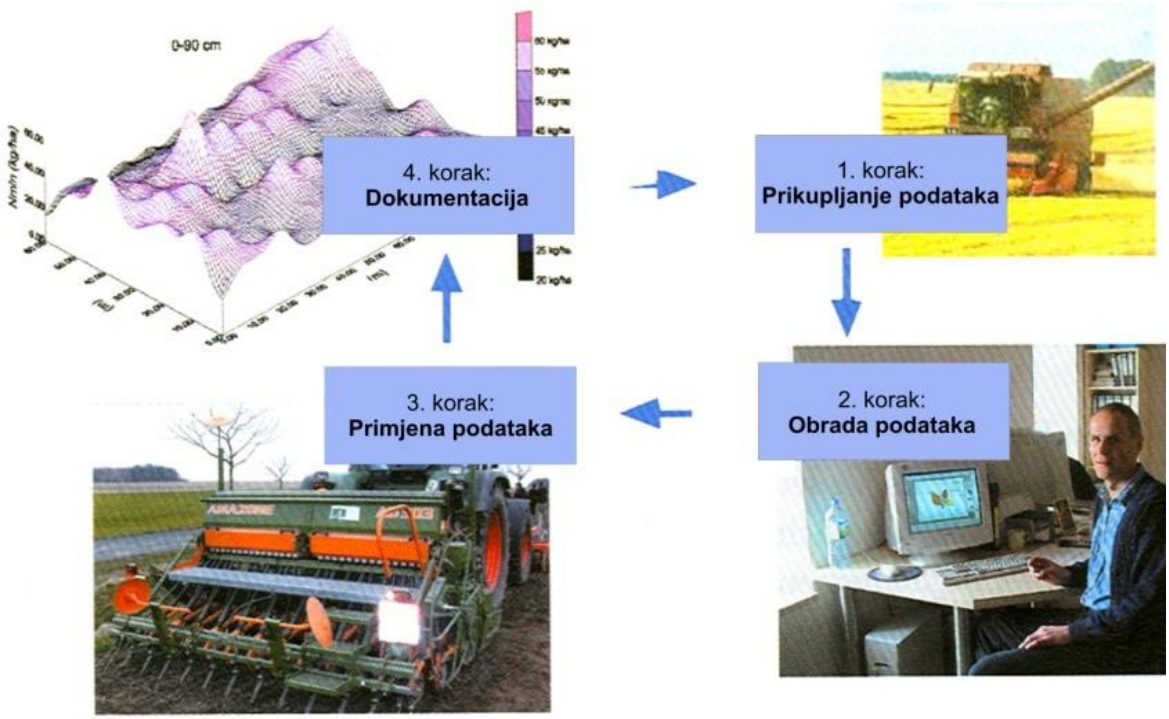
4. Precizna poljoprivreda

Uvođenjem svemirskih (GPS) i informacijskih (GIS) tehnologija u poljoprivredu tijekom ’90-tih godina 20-tog stoljeća počela se razvijati tzv. precizna poljoprivreda. Njome je nadzor i upravljanje cjelokupnom proizvodnjom, a posebno strojevima i opremom, donio dotad nezamislive mogućnosti, smanjujući količinu ljudskog fizičkog rada, dajući vrijeme za analiziranje rezultata, detaljnu i preciznu provedbu agrotehnike te sustavno praćenje poslova i optimizaciju ukupnog poslovanja gospodarstva.

Precizna poljoprivreda podrazumijeva korištenje informacija i tehnologija za upravljanje varijacijama na proizvodnim parcelama kako bi se postigla ekonomska i ekološka poboljšanja kroz uštedu radnih sredstava (inputa), uštedu strojeva i radnog vremena, moguće veće urode te poboljšanu kvalitetu proizvoda.

U preciznoj poljoprivredi se nastoji upravljati vrstom i količinom inputa prema stvarnim potrebama usjeva na malim područjima unutar parcele kako bi se povećala učinkovitost. To ne znači da je potrebno imati istu razinu uroda na svim područjima unutar parcele.

Za provedbu postupaka precizne poljoprivrede (precizna gnojidba, prihrana, zaštita, itd.) potrebno je prikupiti točne podatke, kvalitetno ih obraditi i na kraju provesti postupke aplikacije potrebnih radnji na parceli. (Slika 4.1.) Prikupljanje podataka podrazumijeva mjerenje i kartiranje uroda, uzimanje uzoraka tla i njihovu analizu, mjerenje heterogenosti tla po mehaničkom sastavu tla, kiselosti, elektroprovodljivosti itd., utvrđivanje prisustva korova, mjerenje broja štetnika, utvrđivanje zdravstvenog stanja usjeva i utvrđivanje stupnja ishranjenosti. Neke od navedenih metoda prikupljanja podataka se provode istovremeno s aplikacijom određenog postupka njege usjeva, a neke metode se provode unaprijed i provedbom plana gospodarenja služe kao podloge za kasnije aplikacije postupaka uzgoja biljaka. Nakon prikupljanja podataka slijedi obrada podataka. Pri obradi podataka se najčešće dobiju karte koje služe za predočavanje pojedinih svojstava parcele. Karte nastale na ovaj način služe vizualnom predočavanju promatranih svojstava te u sebi nose točnu lokaciju neke vrijednosti (npr. urod usjeva). Pri izradi karata potrebno je povezati određeno obilježje koje ispitujemo s geografskim koordinatama. Slijedeći korak je primjena podataka, odnosno prijenos podataka u poljoprivredne strojeve koji pomoću GPS-a i računala obavljaju primjenu raznih inputa, npr. apliciraju zaštitna sredstva na točno određenoj poziciji na parceli.



Slika 4.1. Radni koraci kod precizne poljoprivrede su: prikupljanje podataka, obrada podataka, primjena podataka i dokumentacija

Izvor: Jurišić i Plaščak, 2009.

4.1. Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS)

Globalni navigacijski satelitski sustav (eng. *Global Navigation Satelite System - GNSS*) je univerzalni termin za satelitske navigacijske sustave (*Sat Nav*) koji pružaju autonomno geoprostorno pozicioniranje s globalnom pokrivenošću. Tu spadaju američki *NAVSTAR Global Positioning System* tj. GPS, ruski *GLONASS*, europski *GALILEO* i kineski *COMPASS*.

GNSS omogućuje elektroničkim prijemnicima određivanje njihove pozicije (geografska duljina – eng. *longitude*, geografska širina – eng. *latitude* i nadmorske visine – eng. *altitude*) s odmakom od samo nekoliko metara koristeći vremenske signale koje odašilje radio odašiljač sa satelita koji se nalaze u vidnom polju prijemnika.

4.1.1. Globalni pozicijski sustav (GPS)

GPS je trenutno jedini potpuno operativan i zbog toga najčešće korišten GNSS.

GPS se sastoji od tri dijela: svemirski dio (mreža od 24 aktivana satelita koji kruže oko Zemlje u orbitama na oko 20.000 km visine), kontrolni dio (pet kontrolnih stanica raspoređenih po Zemlji) i korisnički dio (GPS prijemnici).

GPS prijemnik

GPS prijemnik je uređaj koji određuje svoju poziciju na osnovu signala koje odašilju sateliti (za izračun pozicije potreban je prijem signala s četiri ili više satelita). Signali sadrže informaciju o trenutnom položaju satelita s kojeg se emitira i vremenu kada je signal odaslan. Prvo prijemnik mora izmjeriti vrijeme koje protekne od emitiranja radio signala sa satelita do prijema na svojoj poziciji. Nakon toga proračunava udaljenost od pojedinog satelita. To radi na osnovu jednostavne formule: udaljenost prijemnika od satelita jednaka je brzini emitiranog signala pomnoženoj s vremenom koje treba da signal dođe do prijemnika (brzina x vrijeme putovanja = udaljenost). Brzina emitiranog signala je brzina radio valova - oko 300 000 km/s (brzina svjetlosti), s malim kašnjenjem zbog prolaska signala kroz Zemljinu atmosferu.

Osnovne komponente GPS prijemnika su: antena podešena na frekvencije GPS satelita, kristalni oscilator (sat) i mikroprocesor koji obrađuje signale.

GPS prijemnici mogu imati i komponentu za prijem korekcijskih signala od zemaljskih stanica ili geostacionarnih satelita, ti prijemnici se nazivaju DGPS prijemnici (Martinov, 2008.).

Većina prijemnika može prikazati položaj u obliku karte što značajno može pomoći u snalaženju u prostoru i u navigaciji.

Prijemnici se često karakteriziraju prema tome koliko imaju kanala. Svaki kanal prati po jedan satelit. Stariji modeli su imali od četiri do pet kanala, a sadašnji uglavnom od 12 do 20 kanala.

Za točno određivanje trodimenzionalnog položaja (geografske širine, dužine i visine) potreban je prijem signala od najmanje 4 satelita. S prijemom signala većeg broja satelita točnost se značajno povećava.

Bitan kriterij kvalitete je vrijeme aktualizacije – pronalaženje pozicije. To je vremenski raspon između podataka o poziciji koji dolaze jedan za drugim. Kod nekih prijemnika vrijeme aktualizacije se može značajno mijenjati. Kod GPS prijemnika na strojevima za ubiranje po pravilu potrebno je da aktualizacijsko vrijeme (Update-Rate) iznosi manje od 5 s (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Greške GPS-a

Kod određivanja pozicije pomoću GPS-a uvijek je prisutna određena greška (odstupanje od točne vrijednosti). Korištenjem signala satelita za pozicioniranje, apsolutna greška je nekoliko desetaka metara (±15 m). Različiti razlozi uzrokuju nastajanje greške, a najznačajniji su vezani za:

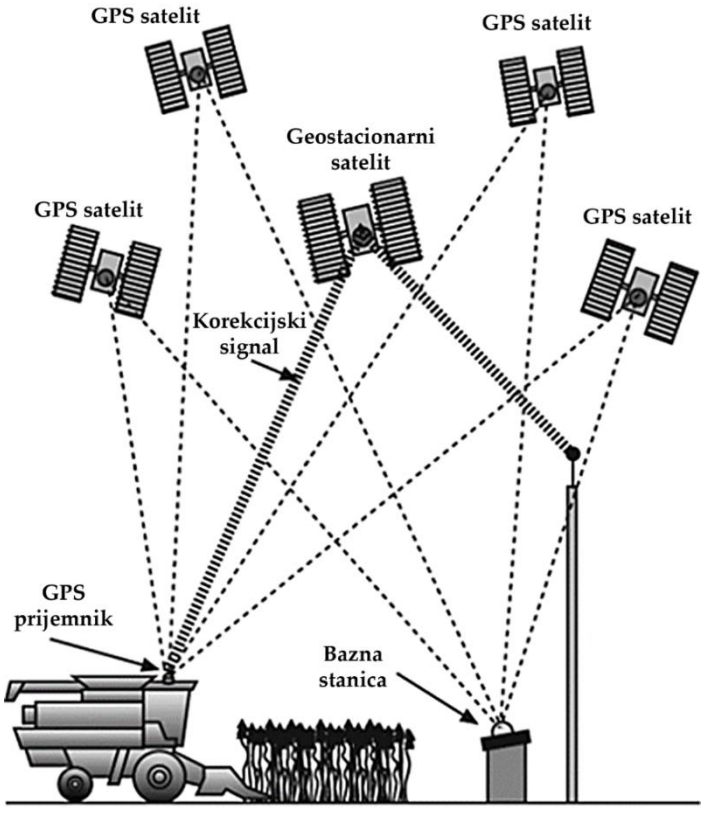
- Atomske satove na satelitima
- „Efmeris“ – utjecaj sunca i mjeseca na male promjene u orbiti satelita
- Greške samog GPS prijemnika
- Greške pri prolasku radio vala kroz atmosferu

- Greške višestruke putanje signala – odbijanje signala od velikog objekta u blizini prijemnika

4.1.2. Diferencijalni Globalni Pozicijski Sustav (DGPS)

Za potrebe mjerenja i kartiranja uroda, najčešći način smanjenja grešaka u pozicioniranju GPS-om s početne točnosti od 15 m na potrebnu točnosti od ±10 (do ±30) cm je korištenjem Diferencijalnog GPS-a ili DGPS-a (Slika 4.2.). U tom sustavu stacionarni GPS prijemnici su postavljeni u referentne točke, čija je pozicija određena s visokom točnošću. Ti prijemnici (pomoću odgovarajućeg algoritma) konstantno izračunavaju greške između njihove točne pozicije i pozicije izračunate od GPS signala. Pretpostavka je da su prisutne slične ili iste greške kod pokretnih prijemnika (npr. na kombajnu koji žanje na parceli). Informacije o greškama (tzv. korekcijski signal) se tada mogu prenijeti na dva načina do pokretnog prijemnika. Prvi način je da se informacije o greškama šalju do geostacionarnog satelita koji ih opet šalje pokretnom prijemniku. Drugi način je direktno odašiljanje informacija o greškama putem radio odašiljača do pokretnog prijemnika. Pokretni prijemnik je tada u mogućnosti korigirati informaciju o poziciji koju je izračunao od GPS signala.

Diferencijalno ispravljanje se može koristiti u stvarnom vremenu ili kasnije, s tehnikama naknadne obrade. Ispravke u stvarnom vremenu mogu biti prenijete preko radio veze (FM) ili satelitskog signala. Ispravke mogu biti zabilježene za naknadnu obradu. Brojne javne i privatne agencije snimaju DGPS ispravke za distribuciju elektroničkim putem (Grisso i sur., 2009.a).



Slika 4.2. Shema Diferencijalnog GPS sustava

Izvor: Grisso i sur., 2009.a

Korekcijski signali DGPS-a:

Brojne javne i privatne agencije ili institucije (tvrtke) na svojem području interesa pružaju diferencijalne korekcijske signale (ispravke). Neki od njih su:

OmniSTAR

OmniSTAR je korekcijski signal tvrtke *Trimble*. Podaci o korekciji su u standardnom formatu koji se zove RTCM-104 i kojeg prepoznaje velika većina GPS prijemnika. Za ovaj korekcijski signal koristi se oko 100 zemaljskih stanica i nekoliko komercijalnih geostacionarnih satelita raspoređenih širom svijeta, čime se pokrivaju poljoprivredna područja cijelog svijeta. Ovaj korekcijski signal je raspoloživ u dvije razine točnosti: VBS, s relativnom greškom do 0.3 m i HP, s relativnom greškom do 0.1 m. Naknada za korištenje VBS signala je oko 800 €, a za HP oko 1.200 €godišnje. U postupku je uvođenje signala XP, koji bi imao još bolju točnost, s greškom koja bi bila na nivou RTK, dakle do oko 0.05 m.

StarFire

Kompanija *John Deere* u svom sastavu ima sustav za DGPS *NavCom*, a korekcijski signal je *StarFire*. Korištenje korekcijskog signala *StarFire 1*, s greškom do 0,3 m je za vlasnike GPS prijemnika *John Deere* besplatno. Za korištenje korekcijskog signala *StarFire 2* s greškom do 0,1 m, pretplata je na godišnjem nivou 750 eura.

Wide Area Augmentation System (WAAS)

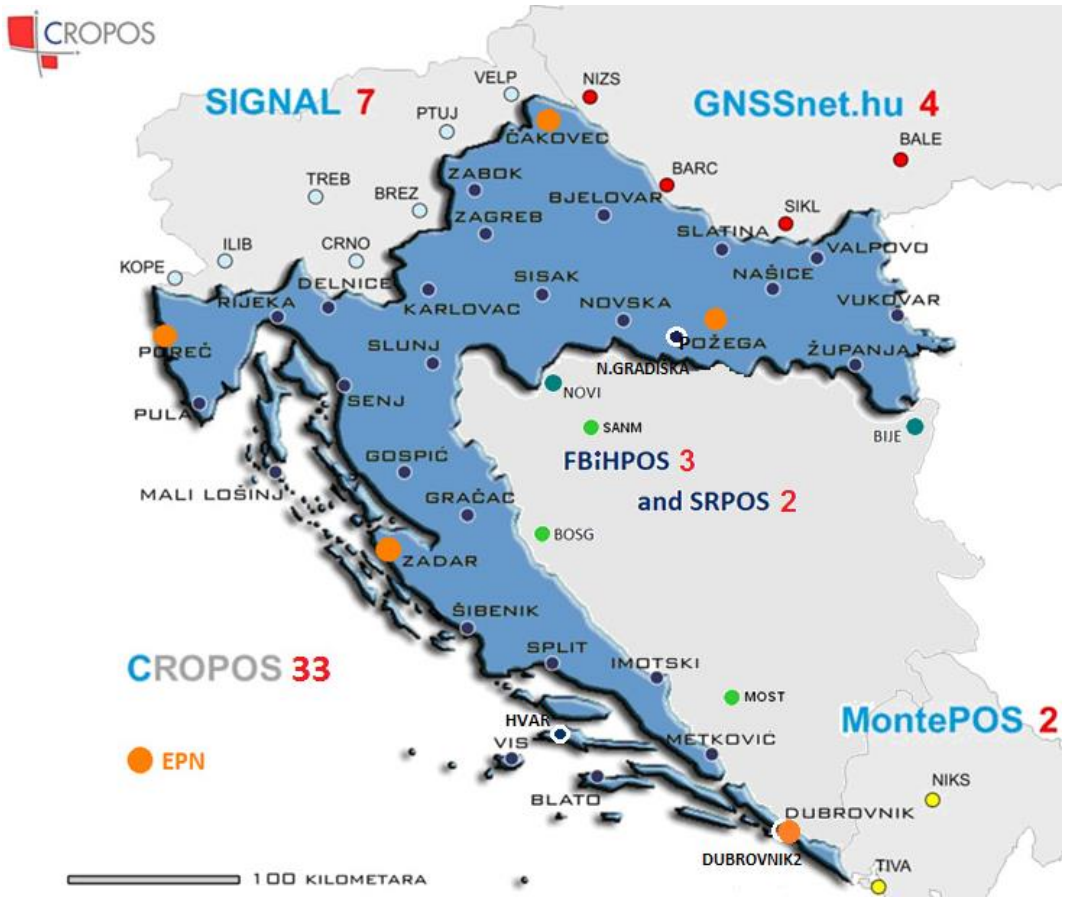
To je projekt financiran od Savezne uprave za civilno zrakoplovstvo, eng. *Federal Aviation Administration (FAA)* za poboljšanje cjelokupne točnosti i integriteta GPS signala za letjelice zbog meteoroloških uvjeta, primarno tijekom pristupa slijetanju. WAAS se sastoji od približno 25 zemaljskih referentnih stanica pozicioniranih po cijelom SAD-u koje nadziru podatke od GPS satelita. Dvije glavne stanice, locirane na svakoj obali, sakupljaju podatke od referentnih stanica i stvaraju korekcijski signal. Korekcijski signal se tada prenosi do jednog od dva geostacionarna satelita koji ga opet šalju do prijemnika. Taj signal je besplatan i svaki prijemnik ako je opremljen s odgovarajućom antenom može primati ovaj korekcijski signal, ali sustav je ograničene točnosti (nije dovoljno točan) i ne pruža korisničku podršku. Sustav je još uvijek u razvoju s ciljem da omogućuje pozicioniranje s greškom do 2 m.

European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)

Na području Europe moguće je besplatno koristiti korekcijski signal EGNOS sustava razvijenog od Europske svemirske agencije (ESA), Europske komisije (EC) i Europske organizacije za sigurnost zračne plovidbe (*EuroControl*). EGNOS se sastoji od tri geostacionarna satelita i 34 zemaljske stanice. Apsolutna greška korištenjem korekcijskog signala ovog sustava je do 7 m, mada je u praksi potvrđeno da je do 2 m. Relativna greška je do 0.5 m, a najčešće se u praksi ostvaruje do 0.3 m. Većina jeftinih GPS prijemnika može primati korekciju od EGNOS-a, zbog usklađenosti sa WAAS-om.

Sustav CROPOS

CROPOS (*CROatian Positioning System*) je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske. CROPOS sustav čine 33 referentne GNSS stanice na međusobnoj udaljenosti od 70 km raspoređenih tako da prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske (Slika 4.3.) Korekcijski signali su dostupni korisnicima na terenu putem mobilnog Interneta (GPRS/GSM). CROPOS omogućuje određivanje položaja u realnom vremenu s točnošću od +/-2 cm na čitavome području Republike Hrvatske.



Slika 4.3. Položaj CROPOS referentnih stanica

Izvor: http://www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske

4.1.3. Real-time kinematic (RTK)

Za postizanje točnosti bolje od standardnog DGPS-a koristi se *Real Time Kinematic (RTK)* GPS. U RTK sustavu se koristi još jedna stacionirana bazna stanica koja se nalazi u blizini parcele. Ta stanica prima signal od geostacionarnog satelita ili bazne stanice, broji broj valnih dužina radio signala između satelita i prijemnika, i šalje korigirani signal navigacijskim prijemnicima (npr. u poljoprivrednim strojevima). Na taj način se postiže preciznost od svega nekoliko centimetara (+/-2 cm). Ti sustavi su skupi i zahtijevaju od korisnika da postavi i održava vlastite bazne stanice; zbog toga nisu često korišteni u poljoprivredi, osim u stvaranju topografskih karata, navođenja traktora (kod kultivacije ili precizne sjetve) i točnog postavljanja cijevi za navodnjavanje.

4.2. Geografski informacijski sustav (GIS)

GIS tehnologija u preciznoj poljoprivredi pomaže kod ujedinjavanja podataka za analizu i planiranje proizvodnje, kao i kartografskog pregleda i informacija o tlu te uzgajanoj kulturi. Time se korisniku omogućuje bolje razumijevanje rezultata napravljene analize ili simulacije što dovodi do kvalitetnijeg rješavanja problema.

GIS koristi svojstvene atribute i podatke o lokaciji da bi proizveo karte (npr. količina uroda i geografske koordinate – geografska dužina i širina). Svrha poljoprivrednog GIS-a je da pohranjuje slojeve informacija, kao što su urodi, karte pregleda tla i sadržaj hranjiva u tlu. Prostorno određeni podaci u GIS-u omogućuju vizualnu perspektivu za interpretaciju, analizu i planiranje proizvodnje.

GIS omogućava kombiniranje više slojeva geografskih podataka da bi pružio jednostavan način za prikaz i tumačenje podataka. Također, složene prostorne analize i upiti mogu biti izvedeni unutar i između podataka u GIS-u da bi odredili nove trendove i otkrili odnose među vrstama podataka.

GIS čine slijedeće komponente :

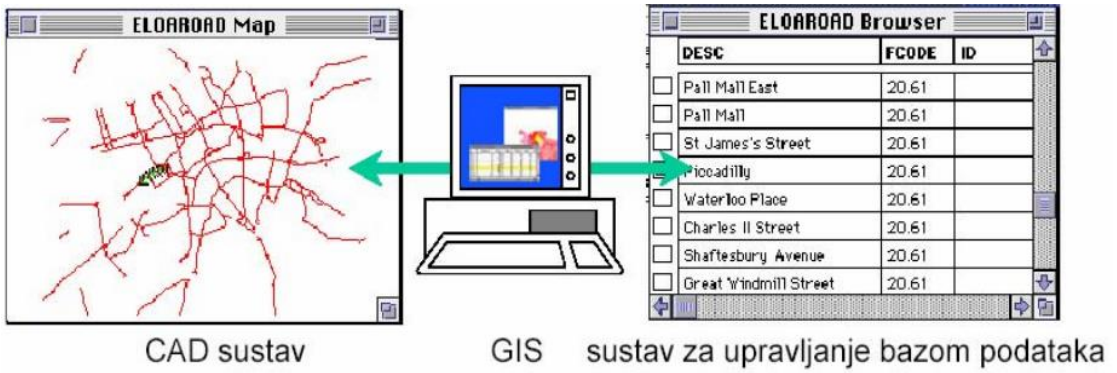
- **računalna oprema** (osobna računala, razni uređaji za prikupljanje podataka na terenu, uređaji za provedbu digitalizacije podataka, uređaji i mediji za spremanje podataka te uređaji za prikaz i ispis podataka);
- **programska podrška** (operativni sustavi za računala i namjenski programi –računalni programi 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.

Međutim, najvažniji su podaci, jer bez odgovarajućih podataka GIS-a ne bi ni bilo. Funkcionalnost i ograničenja GIS-a izravno ovise o načinu prikazivanja podataka. Da bi uspostavili tehnologiju za potrebe donošenja odluka važna je integracija tehnologije, podataka i strategije donošenja odluka.

Oblici podataka u GIS-u: Prostorni podaci (geometrijski, geografski podaci) – svaki podatak koji se tiče lokacije i oblika objekta i Opisni ili atributivni podaci – dodatni alfanumerički podaci s referencom na prostorne koordinate.

Tehnologija za GIS razvila se iz digitalne kartografije i CAD-a te sustava za upravljanje bazama podataka. (slika 4.4.). Njegovo funkcioniranje temelji se na dva potpuno različita digitalna modela prikazivanja realnog svijeta (vektor i raster).



Slika 4.4. Integracija baze podataka i CAD sustava u GIS

Izvor: Tutić i sur., 2006.

Prostorni podaci

Vrste podataka koje imaju prostornu komponentu zovu se prostorni podaci. Prostorni podaci postoje u bilo kojem od dva formata, vektor ili raster.

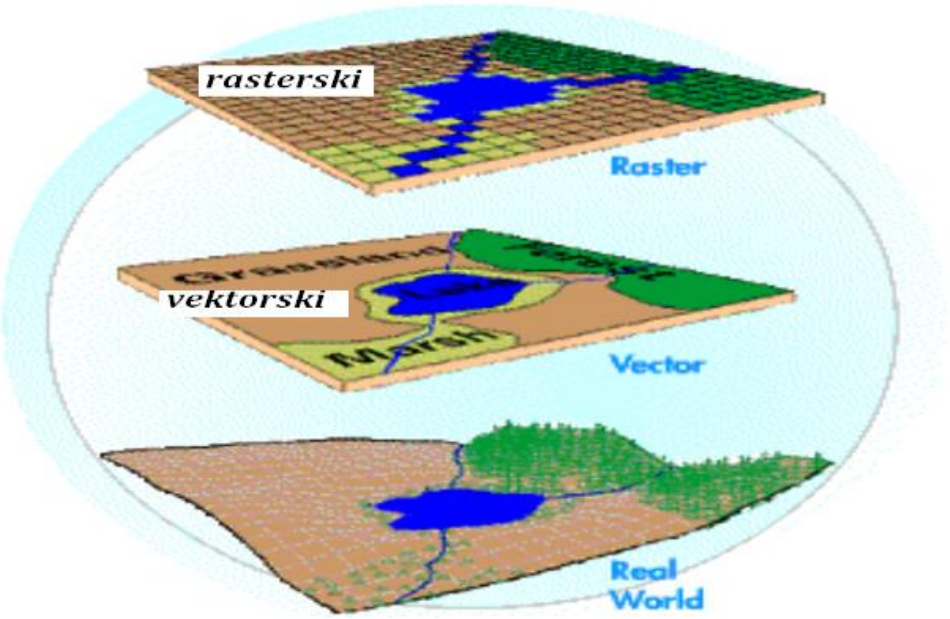
Modeli prostornih podataka u GIS-u (Slika 4.5.)

Vektorski model predstavlja (objekte) obilježja stvarnog svijeta s osnovnim geometrijskim oblicima: točkama, linijama (serije točaka) ili poligonima također zvanih područjima (oblici omeđeni linijama) po točnim geografskim koordinatama (zemljopisna dužina i širina). Na primjer, bunari ili drveće mogu biti prikazani kao točke, kanal za navodnjavanje ili rijeka mogu biti prikazani linijama i neka parcela, šuma ili stočarska farma mogu biti prikazani poligonom.
Vektorski se model primjenjuje za vrlo precizne aplikacije, kada je veličina datoteka značajna, te kada se analiziraju pojedinačne sastavnice prostora i kada je potrebno pohraniti opisne podatke.
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.

S druge strane, **rasterski model** definira prostor kao mnoštvo jednako velikih ćelija (piksela) raspoređenih u redove i stupce. Svaka ćelija sadrži pojedinačnu prosječnu vrijednosti atributa i koordinate lokacije. Često su rasterski podaci slike ili samo boje. Vrijednost zapisana za svaki piksel može biti zasebna vrijednost (poput zemljišne uporabe), 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 ćelija u zemljišnim jedinicama. Na primjer, jedna ćelija rasterske slike predstavlja jedan kvadratni

metar na zemlji. Obično ćelije predstavljaju kvadratna područja zemlje, ali se mogu koristiti i ostali oblici.
Rasterski se model primjenjuje za digitalno prikazivanje zračnih i satelitskih snimaka te skeniranih papirnatih karata, kada nije potrebna analiza pojedinačnih sastavnica prostora i za izradu karata koje će biti podloge u budućim analizama.

Noviji razvoj je integracija vektorskih i rasterskih modela u jedinstven sustav (hibridni GIS).

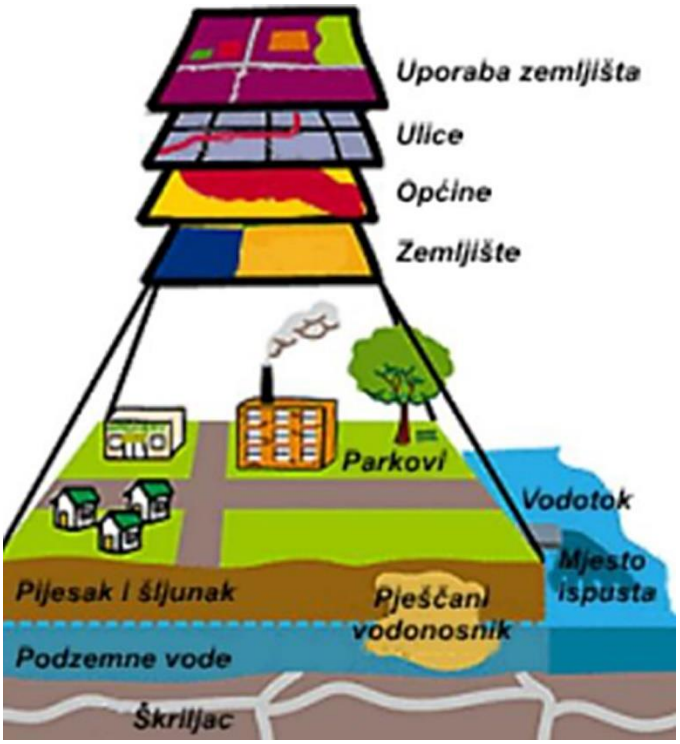


Slika 4.5. Modeli podataka u GIS –u
Izvor: http://www.oikon.hr/Portals/0/nastava/UVOD%20U%20GIS.pdf

Geokodiranje i prikaz tematskih karata

Analogni prikaz geografskih objekata su karte na papiru. Njihov digitalni prikaz sastoji se od koordinata, grafičkih elemenata i atributa. GIS zahtijeva da i karte i podaci budu prikazani kao brojevi.
Značaj GIS-a leži upravo u mogućnosti povezivanja različitih informacija o prostoru i donošenja konkretnog zaključka o njihovoj vezi. Da bi se podaci (alfanumerički i/ili grafički) mogli koristiti u GIS-u potrebito je provesti njihovo geokodiranje. Geokodiranje podataka predstavlja ključnu operaciju za prikazivanje informacija u prostoru, a podrazumijeva postupak određivanja položaja na osnovi adresa ili nekih drugih sličnih informacija. Jednostavnije rečeno, geokodiranje je postupak transformacije i prilagođavanja digitalnih podataka za rad u GIS sustavu, jer svaki digitalni podatak nije „spreman“ svoju funkciju „odraditi“ u GIS sustavu ako nije geokodiran.

Digitalne karte u GIS-u mogu se koristiti u obliku GIS podloge (vektorske ili rasterske) i u obliku tematskih karata koje se preklapaju preko podloge. Vektorske podloge služe za vizualizaciju globalnih prostornih odnosa i većeg geografskog područja (radi svoje jednostavnosti), a rasterska podloga (koja se sastoji od više pojedinosti) koristi se za prikaz manjih područja i analizu lokalnih prostornih odnosa. Svaki od prikazanih slojeva sadrži prostorne (geometrijske) i atributne podatke o određenim objektima ili nekom dijelu geografskog područja.



Slika 4.6. Tematski slojevi pri izradi GIS-a
Izvor: Jurišić i Plašćak, 2009.

Kratak prikaz GIS aktivnosti (Aktivnosti koje se provode u sklopu GIS sustava mogu se predstaviti kao slijedeći postupci):

- **unos podataka** (prikupljanje podataka i pretvaranje u digitalni oblik te unos podataka izravno ili preko geodetskih instrumenata);
- **spremanje i obrada podataka** (podaci se općenito spremaju u vektorskom i rasterskom obliku. Oblik podataka je vrlo važan i određuje moguće primjene tih podataka unutar sustava);
- **upravljanje podacima** (GIS omogućuje integraciju podataka koje je nemoguće povezati na neki drugi način te se stoga temeljem različitih tipova podataka mogu kreirati i analizirati potpuno novi podaci);
- **analiza podataka** (GIS mora biti u mogućnosti provoditi široki raspon funkcija za upravljanje i analizu različitih tipova podataka, jer u njihovoj integraciji leži njegova snaga);
- **ispis i vizualizacija rezultata** (visokokvalitetni ispis podataka u različitim oblicima ostaje vrlo važan za većinu korisnika. Ispis može biti u obliku novih skupova digitalnih prostornih podataka, karata, tablica, izvješća, 3D modela terena, multimedijalnih prikaza, a kao odgovor na većinu upita dobiva se u formi tematske karte).

5. Načini mjerenja uroda u ratarstvu – razvoj tehnoloških mogućnosti

Temeljni cilj poljoprivrede je postizanje uroda nekog usjeva. Stoga je svakom proizvođaču od izuzetnog značaja podatak o urodu uzgajanih usjeva. Mjerenje uroda dokumentira rezultate prethodnih poslova i može biti temelj plana za dolazeći usjev (Auernhammer i Schueller, 1998.).

Urod usjeva se mjeri nakon što se pobere/požanje, ovrši/odvoji od biljnih ostataka i očisti od primjesa kao što su sjemenke korova ili zemlja.

5.1. Mjerenje ukupnog uroda

To je najstariji način mjerenja uroda u ratarstvu i još uvijek se koristi ako je nabava sustava za mjerenje uroda neisplativa ili uređaji ne postoje za određenu kulturu. U tim slučajevima dobiva se gruba procjena uroda za sve proizvodne površine ili za svaku parcelu posebno vaganjem prikolica (pomoću mosnih vaga ili na mjestu istovara).

5.2. Periodično mjerenje

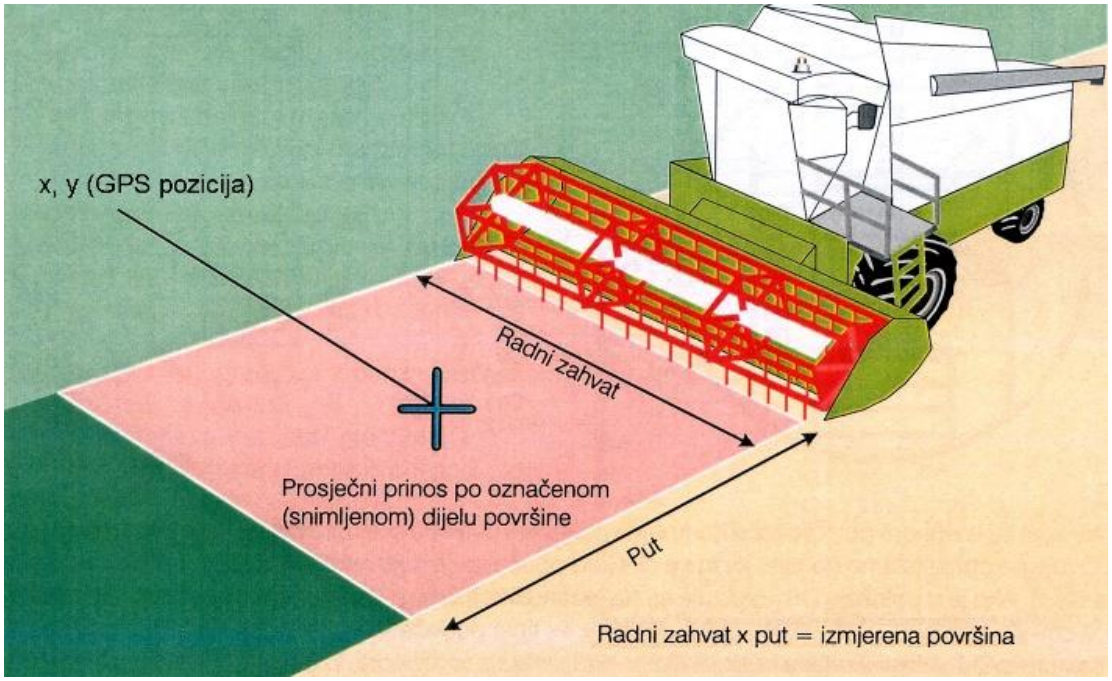
Ovaj sustav je malo napredniji od mjerenja ukupnog uroda, on je preteča modernih sustava za mjerenje uroda. To je prostorno specifičan nadzor uroda, što znači da se grube procjene uroda provode na više mjesta unutar jedne parcele tako da se parcele podijele na nekoliko jednako velikih dijelova i nakon ubiranja svakog dijela obavlja se vaganje. Usjevi se mogu vagati u spremniku kombajna (vaganjem svakog spremnika) ili u transportnom vozilu (prikolici) prilikom utovara ili na mjestu istovara.

5.3. Kontinuirano mjerenje

Sustav za mjerenje uroda (eng. yield monitor) je najnovija metoda mjerenja uroda. Sastavni je dio kombajna i pomoću senzora uroda mjeri protok usjeva, zatim izračunava, prikazuje (na zaslonu u kabini) i bilježi/snima (u računalu) trenutne vrijednosti uroda u kg/m^2 ili kg/ha kontinuirano tijekom žetve/ubiranja usjeva. Kada se poveže s GPS/DGPS prijemnikom povezuje te izmjere s pozicijom (koordinatama) na parceli što kasnije omogućuje izradu karata uroda.

Urod se na mjestu žetve/berbe utvrđuje na osnovu brzine, tj. prijeđenoga puta u određenom intervalu (1-3(5) s), u kojem se mjeri protok (količina) usjeva i širina radnog zahvata. Taj se urod „upisuje“ točno na tu površinu i unosi u kartu parcele. (Slika 5.1.)

Urod se izračunava po slijedećoj formuli: Urod/površina = protok zrna (usjeva) / radna brzina kombajna x efektivna širina žetvenog uređaja (zahvat, širina otkosa).



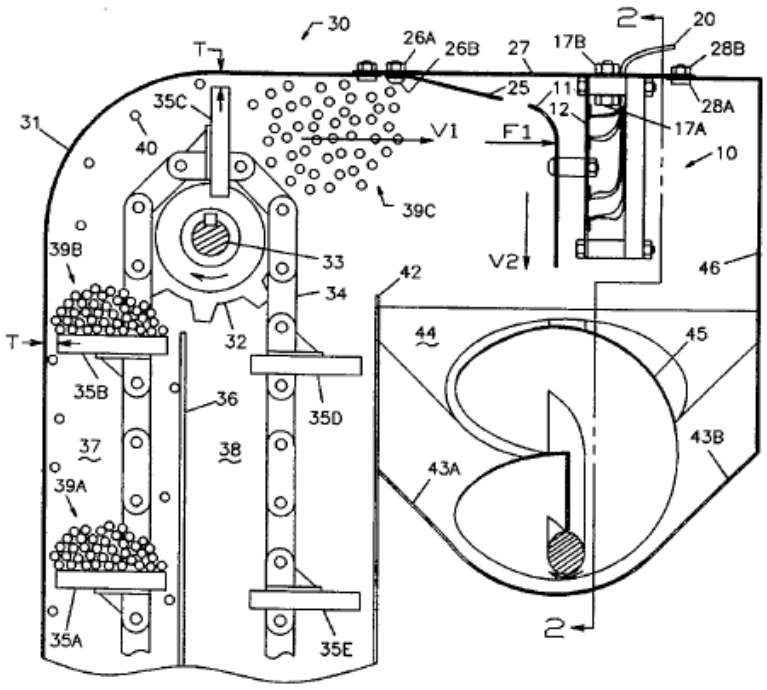
Slika 5.1. Shema kontinuiranog mjerenja uroda
Izvor: Zimmer i sur. 2009.

5.3.1. Razvoj sustava za mjerenje uroda

U 1992. godini Al Myers razvio je originalni sustav za mjerenje uroda, *Yield Monitor 2000* (Slika 5.2.). Njegov originalni dizajn je počeo šest godina ranije u njegovom podrumu. Taj proizvod je omogućavao vozaču kombajna da po prvi puta ima vizualni mjerač trenutnih vrijednosti uroda na bilo kojem mjestu na parceli dok ubire usjev.

Kako je opisano u patentu US5343761, ta nova tehnologija je bila „Sustav i metoda za kontinuirano mjerenje protoka mase zrna u kombajnu gdje je udarna ploča izložena da je udara zrno kako izlazi iz elevatora za očišćeno zrno."

Sustav za mjerenje uroda se sastoji od dvije glavne komponente; senzor - udarna ploča za mjerenje protoka mase zrna i elektroničke kontrolne jedinice za pretvaranje izlaznog napona udarne ploče u brojčani prikaz uroda na zaslonu u kabini kombajna. Udarna ploča je strateški smještena na vrhu elevatora za očišćeno zrno tako da će zrnje koje putuje u spremnik biti bačeno od lopatica elevatora direktno na udarnu ploču dajući izlazni naponski signal. Naponski signal se tada očitava od elektroničke kontrolne jedinice koja ga vrednuje po specifičnoj skali i pretvara ga u upotrebljiv oblik koji se tada prikazuje na zaslonu u kabini kombajna (Risius, 2014.).



Slika 5.2. Shema originalnog dizajna sustava za mjerenje uroda kako je prikazano u originalnom patentu

Izvor: Myers, 1994.

5.3.2. Trenutne mogućnosti sustava za mjerenje uroda

Izum sustava za mjerenje uroda za žitarice omogućio je poljoprivrednicima da mjere i spremaju podatke o urodu tijekom sezone žetve te da na osnovu toga rade točnije odluke o upravljanju uzgojem. Kako je tehnologija mjerenja uroda nastavila napredovati, otvorila je nova vrata poljoprivrednicima pružajući brojčane vrijednosti za performanse usjeva preko cijele parcele, omogućavajući im da na temelju tih podataka naprave odluke o uzgoju po različitim zonama unutar te parcele.

Adaptacija GPS sustava u poljoprivredu je donijela nove mogućnosti u tehnologiju sustava za mjerenje uroda. Danas, ne samo da vozač kombajna može vidjeti vrijednosti ubranog uroda usjeva u realnom vremenu, već GPS tehnologija može „uzeti“ te vrijednosti i stvoriti obojanu koordinatnu točku, koordinatnu mrežu ili kartu kontura parcele od prostornih podataka, koji mogu biti prikazani na zaslonu u kabini kombajna. Karte kreirane od dolazećih vrijednosti uroda su poznate kao karte uroda. Te karte mogu biti prenijete s memorije računala sustava za mjerenje uroda na osobno računalo, tablet ili čak „pametni“ telefon kako bi pomogle poljoprivredniku u donošenju odluka o uzgoju nadolazećeg usjeva.

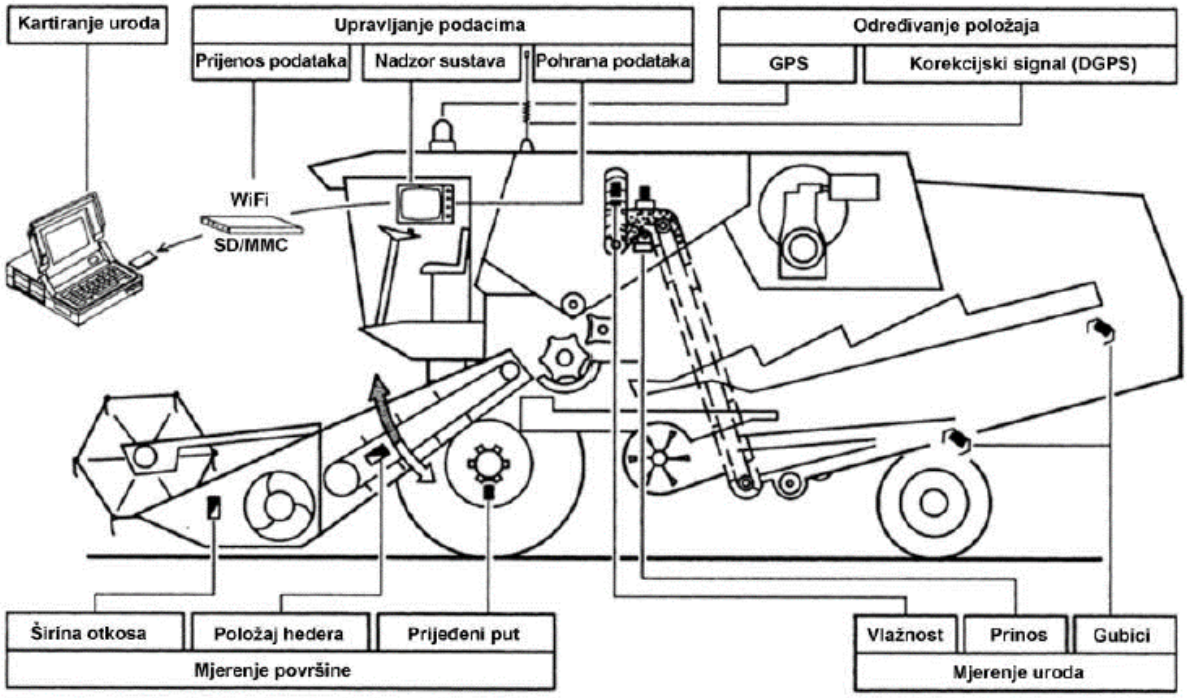
Što više informacija poljoprivrednik dobije od svake sezone žetve, to bolje može procijeniti kako različiti faktori utječu na rezultate žetve. Od tih podataka poljoprivrednik može odrediti da li su odluke o uzgoju napravljene na osnovu tih podataka bile financijski opravdane. Ne samo da karte uroda mogu biti korištene za procjenu odluka o upravljanju uzgojem, već one također mogu biti korištene za određivanje koji su načini njege usjeva potrebni u budućim sezonama. Korištenjem programa za upravljanje prostornim podacima (GIS), druge varijable kao što su podaci o uzorkovanju tla, karte tipa tla i druge poznate vrijednosti tla ili

karakteristike mogu biti kartirane i korištene za usporedbu s kartama uroda dobivenim tijekom sezone žetve. Korištenjem ove prakse, poljoprivrednici mogu prepoznati koji temeljni čimbenici mogu biti odgovorni za viši ili niži urod na određenim područjima na parceli i koristiti te rezultate u planiranju sljedeće proizvodne sezone. S obzirom na to podaci proizvedeni tehnologijom mjerenja i kartiranja uroda pružaju više mogućnosti u različitim aspektima uzgoja, kao što su obrada parcele, sjetva, gnojidba i aplikacija zaštitnih sredstava (Risius, 2014.).

6. Sustav za mjerenje uroda

6.1. Komponente sustava za mjerenje uroda na univerzalnom žitnom kombajnu

Sustav za mjerenje uroda integriran u univerzalni žitni kombajn obično se sastoji od nekoliko osnovnih komponenti Slika 6.1. To su senzor uroda (senzor protoka zrna), senzor vlage, senzor brzine elevatora za očišćeno zrno, senzor brzine kretanja (radne brzine) kombajna, senzor položaja žetvenog uređaja (hedera) i korisničko sučelje (računalo, zaslon i tipkovnica). Na slici 6.1 prikazane su osnovne komponente integrirane u univerzalni žitni kombajn.



Slika 6.1. Shema sustava za mjerenje uroda na žitnom kombajnu
Izvor: Auernhammer i Schueller, 1998.

6.1.1. Senzor uroda

Najvažnija komponenta svakog sustava za mjerenje uroda je senzor koji se koristi za mjerenje uroda. Postoje dva glavna pristupa mjerenju uroda, a to su mjerenje mase ili volumena usjeva. Pristup mjerenja uroda varira od proizvođača do proizvođača sustava za mjerenje uroda.

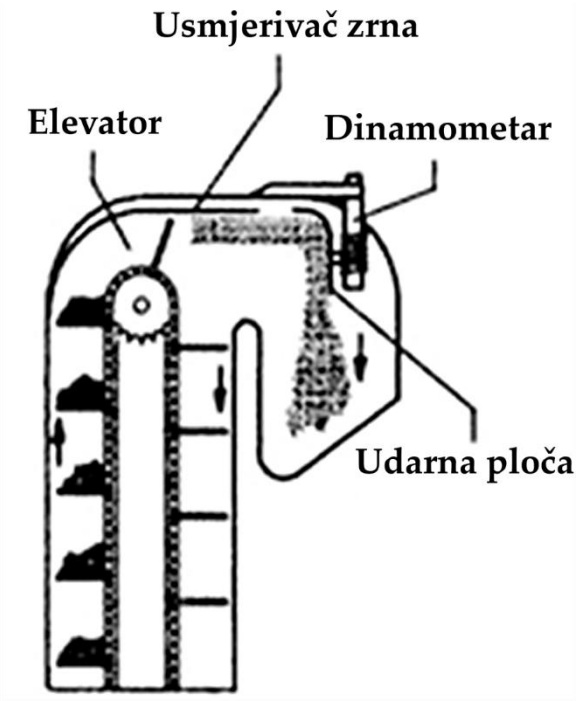
Mjerenje masenog protoka zrna

Za određivanje masenog protoka zrna koristi se princip mjerenja sile na udarnoj ploči ili apsorpcija gama zraka od zrna u radiometrijskom sustavu mjerenja.

Najčešći način određivanja masenog protoka zrna je očitanje (mjerenje) sile kojom zrno bačeno s lopatica elevatora djeluje na udarnu ploču senzora za mjerenje sile udara montiranu pri vrhu elevatora na mjestu gdje se isti prazni. Kako lanac na vrhu elevatora za očišćeno zrno radi zavoj od 180 ° javlja se centrifugalna sila koja uzrokuje da se zrno odvoji od lopatica i baca ga na udarnu ploču senzora za mjerenje sile udara. (Nakon toga zrno pada prema pužnom transporteru za punjenje spremnika.)

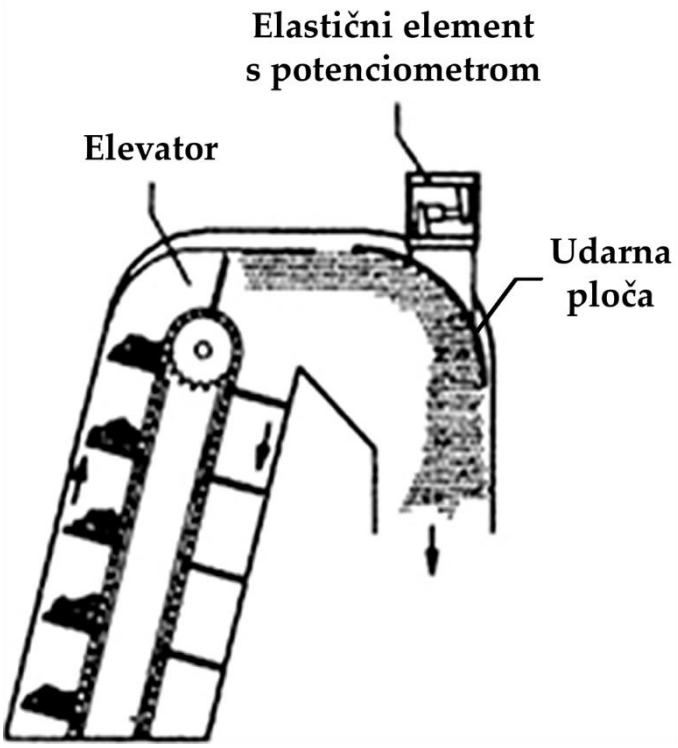
Za mjerenje sile udara koristi se nekoliko vrsta senzora. Najčešće su to dinamometri ili potenciometri. Ti senzori na različite načine mjere silu udara i pretvaraju je u električni signal koji se koristi za određivanje masenog protoka zrna.

Senzor sile udara Dinamometar (Slika 6.2.) je Wheatstone-ov most smješten na poluzi udarne ploče. Djelovanjem sile na udarnu ploču dolazi do naprezanja i deformacije tenzometarskih traka u mostu što se manifestira promjenom otpora i u konačnici promjenom izlaznog napona Wheatne-ovog mosta. Dobiveni električni signal proporcionalan je sili udara zrna u ploču, odnosno masenom protoku zrna.



Slika 6.2. Shema senzora sile udara s dinamometrom
Izvor: Auernhammer i Schueller, 1998.

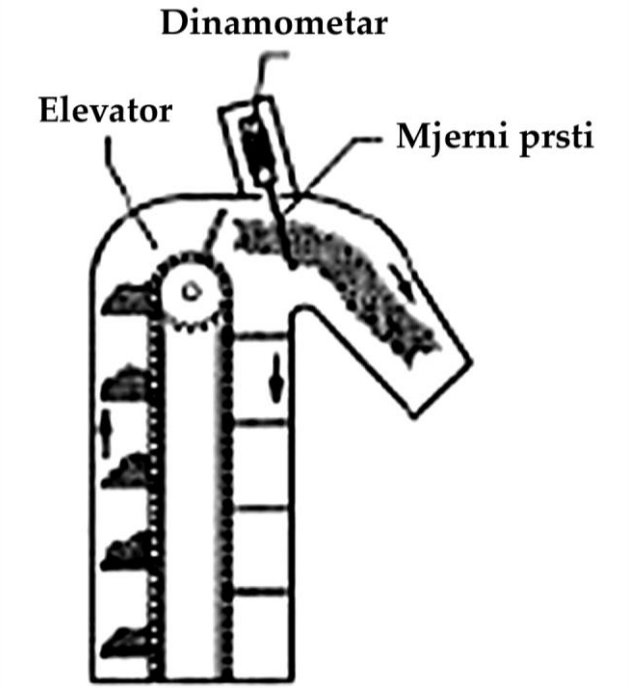
Senzor sile udara Potenciometar (linearni potenciometar) (Slika 6.3.) je varijabilni otpornik montiran na dvodijelni držač. Jedna polovica držača je spojena na okvir kombajna a druga polovica je spojena na udarnu ploču. Dvije polovice držača se drže zajedno pomoću fleksibilne trake koja dopušta mali pomak kako zrno udara udarnu ploču. Promjena otpora potenciometra proporcoinalna je ovom pomaku udarne ploče i predstavlja električni signal koji se koristi za izračunavanje uroda (masenog protoka zrna).



Slika 6.3. Shema senzora sile udara s potenciometrom
Izvor: Auernhammer i Schueller, 1998.

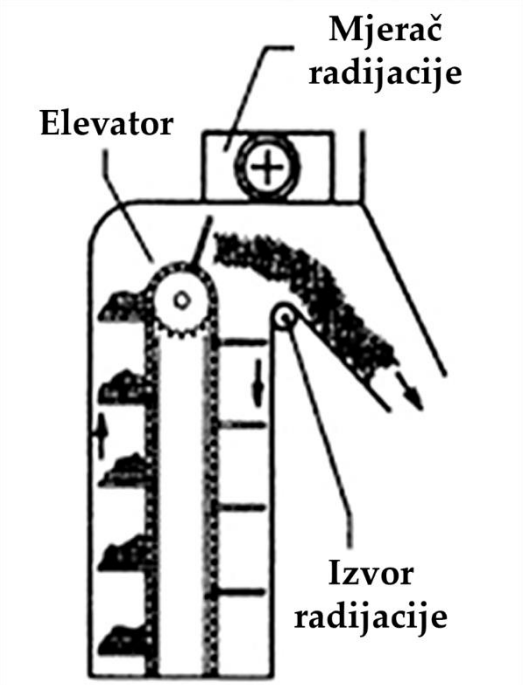
Sustavi sa senzorima tog tipa mjere masu u jedinici vremena (maseni protok) djelovanjem snage ili impulsa sile (masa x brzina) zrna koja su sa vrha elevatora bačene u udarnu ploču senzora. Brzina zrna se izvodi iz brzine elevatora, a određuje se mjerenjem frekvencije snopova zrna koji dolaze sa svake lopatice elevatora.

Postoji još jedna izvedba senzora uroda koji također radi na principu mjerenja udarne sile, a taj senzor umjesto udarne ploče koristi dva prsta za mjerenje (Slika 6.4.).



Slika 6.4. Shema senzora udarne sile s mjernim prstima
Izvor: Auernhammer i Schueller, 1998.

Drugi način za određivanje masenog protoka zrna je pomoću izvora radijacije i radijacijskog senzora (mjerača) obično montiranog pri vrhu elevatora za očišćeno zrno gdje se elevator prazni (Slika 6.5.). Usjev bačen s lopatica elevatora za očišćeno zrno prolazi kroz prostor između slabog radioaktivnog izvora i radijacijskog senzora. Prisutnost zrna između slabog izvora radijacije i senzora slabi ili umanjuje količinu radijacije koja dolazi na senzor i ovisno o tome određuje masu zrna između njih (što je veći protok zrna, manje radijacije dolazi do senzora).

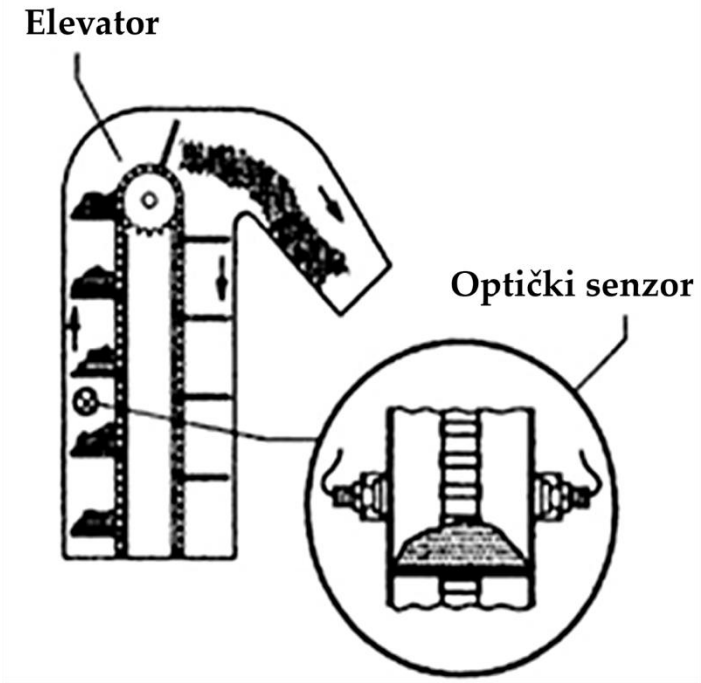


Slika 6.5. Shema radijacijskog senzora (mjerača)
Izvor: Auernhammer i Schueller, 1998.

Mjerenje volumnog protoka zrna

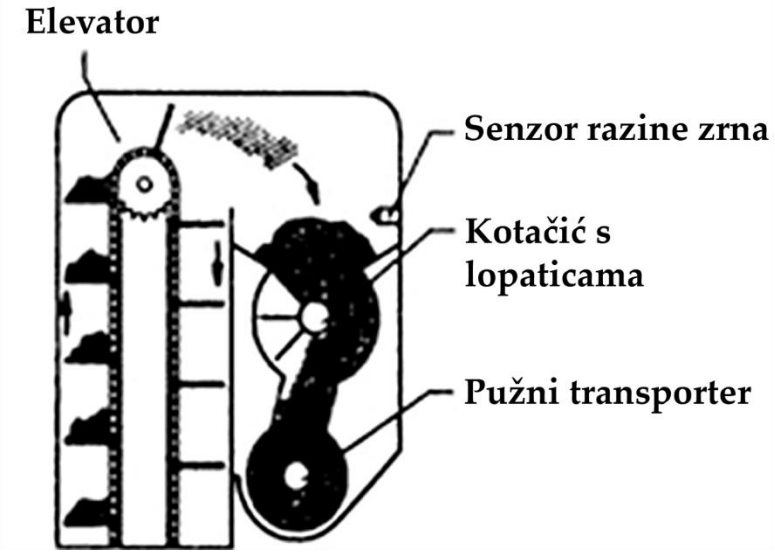
Volumen (volumni protok) se može odrediti na principu mjerenja volumena zrna na lopaticama elevatora (otvoreni protok volumena) ili u kotaču s lopaticama (zatvoreni protok volumena).

Prvi način mjerenja volumnog protoka zrna je na lopaticama elevatora uz pomoć jednog ili više izvora svjetlosti i uparenih foto senzora koji su smješteni jedan nasuprot drugoga na ulaznoj strani kućišta elevatora za očišćeno zrno (Slika 6.6.). Foto senzori detektiraju i mjere vrijeme u kojem zrno koje se prenosi lopaticama elevatora prekida svjetlosni snop. Mjerenja moraju biti usklađena s lopaticama elevatora tako da se mjeri samo zrno na lopaticama. Na osnovu toga se uz pomoć odgovarajućeg algoritma izračunava volumen zrna koje se nalazi na svakoj lopatici. Nakon što je izmjeren volumni protok zrna preračunava se u masu (maseni protok zrna) pomoću gustoće zrna (specifične težine).
Mana tog sustava su potencijalne greške ako kombajn radi na padinama, jer je zbog toga zrno pritisnuto na jednu stranu lopatica elevatora. Zato se kombajni s tim sustavom dodatno opreme nagibnim senzorima.



Slika 6.6. Shema fotoelektričnog senzora
Izvor: Auernhammer i Schueller, 1998.

Drugi način mjerenja volumnog protoka zrna je koristeći kotač s lopaticama na dnu spremnika za punjenje pužnog transportera (Slika 6.7.). Kotač s lopaticama se vrti kontroliranom brzinom da bi se osiguralo da je područje između susjednih lopatica ispunjeno zrnom. Nakon određenog vremena kotač se okreće do novog položaja, dopuštajući zrnu da se nakupi u području između sljedećih dviju lopatica. Volumni protok zrna se tada izračunava množenjem poznatog volumena između lopatica i broja okretaja kotača s lopaticama. Nakon što je izmjeren volumni protok zrna preračunava se u masu (maseni protok zrna) pomoću gustoće zrna (specifične težine).



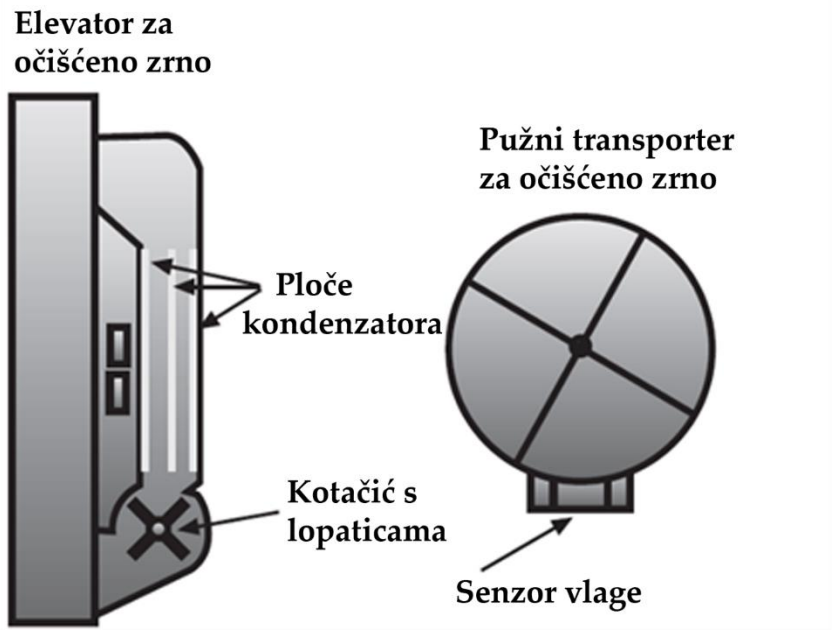
Slika 6.7. Shema mjerenja volumena protoka zrna pomoću kotača s lopaticama
Izvor: Auernhammer i Schueller, 1998.

6.1.2. Senzor za mjerenje vlage zrna

Sadržaj vlage u zrnu kod žetve je važan dio procesa mjerenja uroda. Koristi se kod umjeravanja senzora uroda. Osim toga, daje podatke poljoprivrednicima o dodatnoj informaciji – prostornoj raspodjeli vlage unutar parcele.

Senzor za mjerenje vlage zrna je najčešće smješten na mjestu izlaska zrna iz elevatora za očišćeno zrno ili u pužnom transporteru koji zrno prebacuje u spremnik za zrno. (Slika 6.8.) Danas je većina senzora za mjerenje vlage zrna montirana na bočnu stranicu kućišta gdje zrno izlazi iz elevatora za očišćeno zrno. Ta lokacija je bolja nego montiranje senzora na spremnik za punjenje pužnog transportera jer tada senzor manje (kraće) dolazi u kontakt s protokom zrna, smanjujući nakupljanje nečistoća na ploče senzora.

Senzor vlage je u biti električni kondenzator. Kako se zrno diže u elevatoru za očišćeno zrno, mala količina uđe na vrh senzora vlage i prolazi između metalnih ploča mijenjajući kapacitet kondenzatora u ovisnosti o vlazi zrna, tj. promjeni dielektrične konstante mase zrna između ploča kondenzatora. Promjena kapaciteta registrira se kao električni signal osnovom kojeg se izračunava sadržaj vlage u zrnu. Mali kotač s lopaticama koji se nalazi u dnu kućišta senzora osigurava da zrno uvijek prekriva ploče.



Slika 6.8. Shema smještaja senzora vlage
Izvor: Casady i sur., 1998.

Senzor vlage bi trebalo povremeno provjeravati i čistiti ploče, pogotovo kada se kombajnom radi u zakorovljenom ili vlažnom usjevu. Ti uvjeti mogu uzrokovati nakupljanje zemlje ili biljnih ostataka na elementima senzora, što može prouzročiti greške u mjerenjima vlage.

6.1.3. Senzor brzine elevatora za očišćeno zrno

Senzor brzine elevatora za očišćeno zrno koristi se za dobivanje brzine kojom je zrno bačeno s lopatica elevatora.

Brzina elevatora za očišćeno zrno se određuje pomoću induktivnog senzora postavljenog na pogonskom vratilu elevatora. Taj senzor mjeri frekvenciju (okretaje u minuti) elevatora za očišćeno zrno. Brzina elevatora za očišćeno zrno mora biti poznata za umjeravanje senzora uroda.

6.1.4. Senzor brzine kombajna

Određivanje brzine kombajna se koristi za izračun prijeđene udaljenosti tijekom određenog perioda uzorkovanja (mjerenja uroda). Nakon što se izmjeri brzina, prijeđena udaljenost se automatski računa u računalu sustava za mjerenje uroda množenjem brzine s vremenom uzorkovanja. Ta prijeđena udaljenost koristi se za određivanje požete površine množenjem prijeđene udaljenosti i efektivnog zahvata žetvenog uređaja tijekom tog perioda uzorkovanja.

Brzina kombajna se može mjeriti koristeći magnetski (induktivni) senzor koji se nalazi na pogonskom sklopu kombajna. Taj senzor mjeri frekvenciju (broj okretaja) unutar prijenosa. Problem kod tog načina mjerenja su greške uslijed proklizavanja kotača.

Drugi način mjerenja brzine kombajna je pomoću radara montiranog na vanjskoj strani kombajna između prednjih kotača. To je bolji izbor u usporedbi s induktivnim senzorom jer nema grešaka uslijed proklizavanja kotača ali ipak se mogu pojaviti druge greške, npr. kada se koristi u vrlo prašnjavom okruženju i/ili kada vjetrom izazvano kretanje korova ili stabljika biljaka uzrokuje nepravilnu refleksiju radara.

Treći i najnoviji način mjerenja brzine kombajna je koristeći GPS prijemnik. Taj način je točniji od prva dva, ali i tu se mogu pojaviti greške kada GPS signal nije dostupan.

6.1.5. Senzor širine otkosa žetvenog uređaja

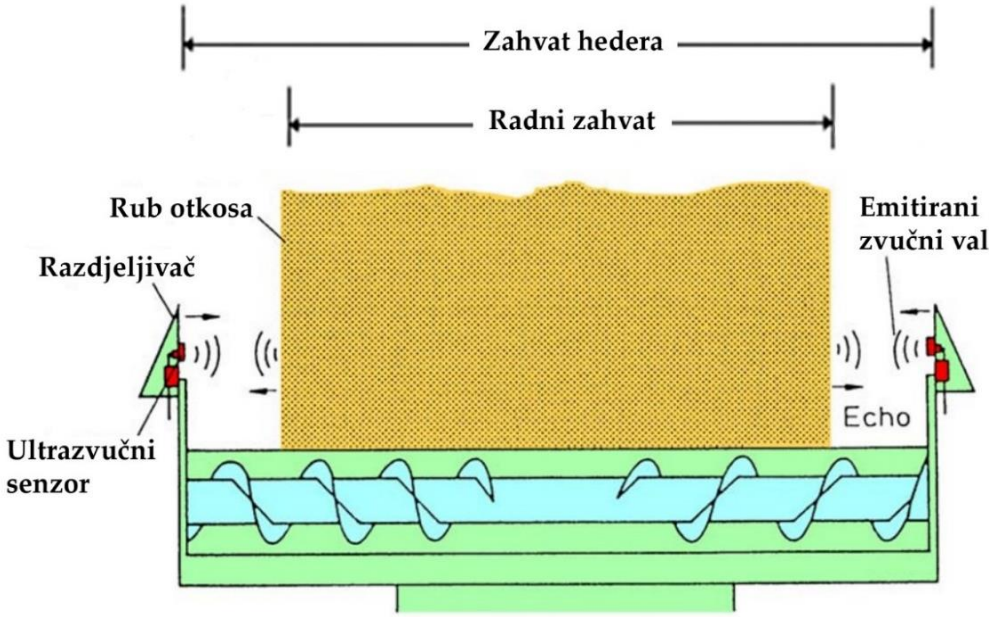
Širina otkosa (radnog zahvata) žetvenog uređaja se mora točno odrediti kako bi sustav za mjerenje uroda točno izračunao urod.

Kod usjeva gustog sklopa (npr. pšenica) tijekom žetve problem je održavanja jednake širine otkosa, jer je kod žetvenih uređaja (velikog zahvata) teško cijelo vrijeme održavati razdjeljivač poravnat s rubom usjeva. Pored toga, tijekom okretanje na uvratinama prilikom ulazaka i izlazaka iz usjeva dolazi do grešaka smanjenja širine otkosa u odnosu na širinu zahvata žetvenog uređaja. Također do smanjenja širine otkosa može doći i pri kraju žetve parcele kada u zadnjem prolazu ostane manja širina usjeva od širine žetvenog uređaja.

Zbog toga je razvijeno nekoliko tehnika (senzora) za mjerenje (održavanje) širine otkosa žetvenog uređaja.

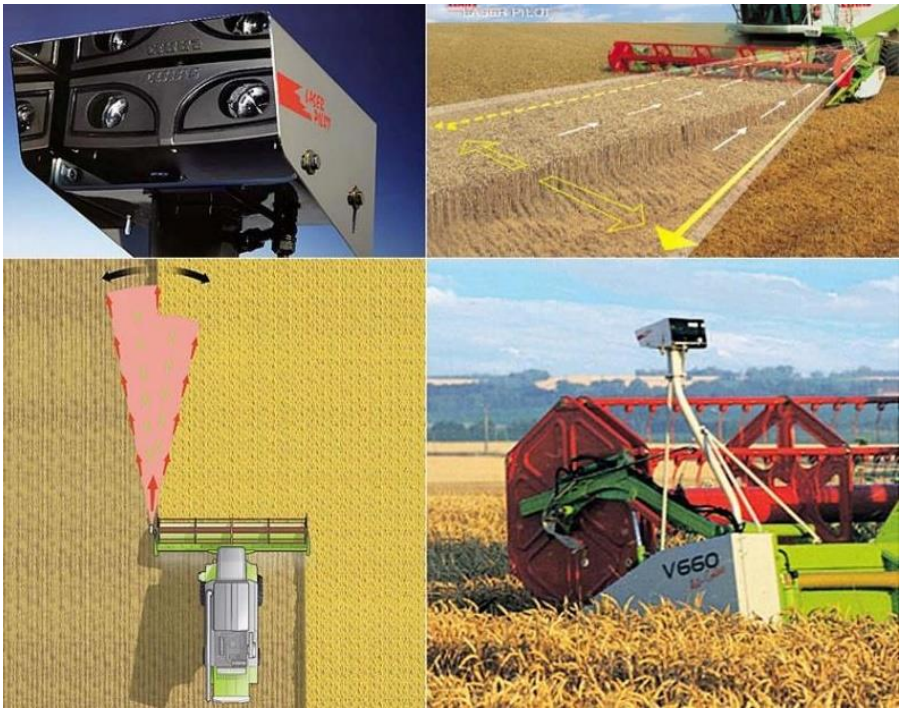
Starije izvedbe sustava za mjerenje uroda nisu imale senzore za određivanje širine otkosa žetvenog uređaja, već se u sustav ručno unosila širina zahvata žetvenog uređaja ovisno o njegovoj veličini. Neki sustavi za mjerenje uroda su omogućavali mijenjanje broja redova ili postotak širine žetvenog uređaja (prema vozačevoj procjeni) da bi se omogućio točan izračun uroda za nepotpune redove ili rubove parcele.

Najnovije izvedbe sustava za mjerenje uroda imaju ultrazvučne senzore za određivanje širine otkosa žetvenog uređaja. Ti senzori se sastoje od ultrazvučnih odašiljača i prijemnika. Senzori su smješteni na svakoj strani žetvenog uređaja (Slika 6.9.). Za mjerenje udaljenosti između senzora i usjeva mjeri se vrijeme koje je potrebno da ultrazvučni signal prijeđe od odašiljača do usjeva i odbije se natrag do prijemnika. Proteklo vrijeme se mjeri pomoću sata unutar senzora. Stvarna širina otkosa (radnog zahvata) se računa oduzimanjem lijeve udaljenosti između senzora i usjeva i desne udaljenosti između senzora i usjeva od širine zahvata žetvenog uređaja (hedera).



Slika 6.9. Shema žetveni uređaja s ultrazvučnim senzorima za mjerenje širine otkosa
Izvor: Yap i sur. 2011.

Za održavanje stalne širine otkosa žetvenog uređaja može se koristiti uređaj izvornog naziva „*Laser Pilot*“ (Slika 6.10.), inovacija tvrtke Claas (1999. godina). To je uređaj automatskog vođenja žetvenog uređaja kombajna. Skeniranjem ruba otkosa 14 metara ispred kose, sustav detektira razliku u vremenu povratka IR svjetlosnih zraka reflektiranih od usjeva i požete površine. Ugradnjom ovog uređaja rukovatelj je manje opterećen upravljanjem, što znači bolje nadziranje drugih radnih operacija, a naročito je značajan na kombajnima velikih zahvata. Problem kod ovog sustava nastaje pri kraju žetve ako je širina usjeva u zadnjem prolazu manja od širine zahvata žetvenog uređaja te tu nastaje greška u određivanju uroda.



Slika 6.10. Žetveni uređaj opremljen „Laser Pilotom“
Izvor: Zimmer i sur. 2009.

Kod rednih usjeva kao što je kukuruz određivanje širine otkosa nije toliki problem jer se za navođenje i određivanje širine otkosa (broja redova koji ulaze u žetveni uređaj) mogu koristiti senzori u obliku ticala (Slika 6.11.).



Slika 6.11. Ticala senzora za navođenje žetvenog uređaja kombajna u berbi kukuruza
Izvor: Zimmer i sur., 2009.

6.1.6. Senzor položaja žetvenog uređaja

Određivanje položaja žetvenog uređaja (da li je podignut ili spušten) je važno jer određuje mjesto početka i kraja bilježenja podataka o urodu. To se koristi prilikom kartiranja uroda za razlikovanje zakašnjelih mjerenja uroda na početku i kraju prolaza od pravilnih (prilikom okretanja na uvratinama).

Postoje tri različite metode za određivanje položaja žetvenog uređaja.

Jedna od metoda je s magnetskim senzorom koji otvara kontakt kada žetveni uređaj dosegne predodređeni položaj.

Druga metoda koristi rotacijski potenciometar za očitavanje kuta ili podizanja žetvenog uređaja. Po izboru vozača kombajna početni i završni položaj se određuje u kabini kombajna na kontrolnoj ploči.

Treća metoda uključuje praćenje vremena koje je potrebno da žetveni uređaj dođe iz donjeg u gornji položaj. Kada vrijeme aktiviranja premaši unaprijed zadanu vrijednost bilježenje podataka se ili uključuje ili isključuje, ovisno da li je žetveni uređaj bio spušten ili dignut.

6.1.7. Upravljačka jedinica sustava za mjerenje uroda

Upravljačka jedinica (s korisničkim sučeljem u obliku zaslona s virtualnom tipkovnicom) sustava za mjerenje uroda (Slika 6.12.) je jedinica koja sakuplja, prikazuje i snima podatke iz svih prethodno spomenutih senzora i GPS/ DGPS prijemnika. U korisničko sučelje se unosi naziv parcele, vrste usjeva, brojeva umjeravanja (faktora korekcije) i drugih podataka.

Moderni sustavi za mjerenje uroda imaju korisničko sučelje koje odmah prikazuje obojanu kartu uroda.

Korisničko sučelje također omogućuje postavljanje tzv. elektroničkih zastavica koje ručno postavlja vozač kombajna. Elektroničke zastavice se često koriste za snimanje zakorovljenih mjesta (poznato je da su tijesno povezana sa smanjenjem uroda). Te zastavice mogu locirati i identificirati druge probleme ili prepreke poput kamenja, nepravilnosti terena, stajaćih voda, itd.



Slika 6.12.. Korisničko sučelje modernog sustava za mjerenje uroda smješteno u kabini kombajna (sastoji se od sjedinjenog zaslona osjetljivog na dodir i računala) (AgLeader)
Izvor: http://www.precisionag.com/systems-management/data/yield-monitor-tips-new-technologies/

Podaci dobiveni sustavom za mjerenje uroda se uz pomoć korisničkog sučelja spremaju na prenosive memorijske jedinice kao što su memorijske kartice ili *„USB stickovi*“. Pomoću njih ti podaci mogu biti prenijeti na osobno ili prijenosno računalo te se mogu koristiti za daljnju analizu i izradu karata uroda.

Sustav za mjerenje uroda tijekom žetve kreira binarni zapis s podacima svih senzora. Taj zapis može biti pretvoren u tekstualni format ili prikazan kao karta koristeći neki računalni program.

Primjer zapisa podataka predstavljenih kao tekst - svaka linija takvih podataka predstavlja jednu točku na karti i sastoji se od 17 zarezom odvojenih unosa u slijedećem redu:

1. Geografska dužina u decimalnim stupnjevima
2. Geografska širina u decimalnim stupnjevima
3. Protok zrna u kilogramima po sekundi
4. GPS vrijeme u sekundama
5. Interval zapisivanja u sekundama
6. Udaljenost prijeđena tijekom intervala zapisivanja u metrima
7. Širina zahvata u metrima
8. Vlaga zrna u postocima
9. Položaj žetvenog uređaja
10. Broj prolaza
11. Serijski broj monitora
12. Identifikacijski broj proizvodne parcele
13. Identifikacijski broj tereta proizvođača
14. Vrsta žitarica
15. Status GPS-a
16. Točnost geografskog pozicioniranja
17. Nadmorska visina.

6.1.8. GPS/DGPS antena

Glavna zadaća GPS/DGPS (Slika 6.13.) antene je da prima signal od satelita/geostacionarnog satelita ili bazne stanice i dovodi ga do prijemnika. Zbog toga je poželjno da je montirana na središnju os kombajna i iznad svakog dijela opreme koji bi mogao spriječiti liniju ili pogled do satelita i time ometanje ili gubitak signala. Ako je kabina centrirana i vrh kabine je iznad drugih dijelova opreme, tada je montiranje na vrh kabine najbolja lokacija.

Neke ranije generacije GPS/DGPS prijemnika su zahtijevale odvojene antene za GPS signale i diferencijalno ispravljene signale. Većina modernih prijemnika kombinira sve antene u jednu integriranu jedinicu.



Slika 6.13. GPS antena i njezina instalacija na kombajn (John Deere)

Izvor:
https://www.deere.co.uk/en_GB/products/equipment/agricultural_management_solutions/displays_and_receivers/starfire_3000_receiver/starfire_3000_receiver.page

6.1.9. GPS/DGPS prijemnik

O samom GPS/DGPS prijemniku ovdje se neće puno govoriti pošto je isti detaljnije opisan u poglavlju o GNSS-u.

GPS/DGPS prijemnik omogućuje određivanje pozicije kombajna koji žanje/bere neki usjev na parceli. Te podatke o poziciji tada šalje do računala sustava za mjerenje uroda koji ih spaja s informacijama o urodu koje je računalo prikupilo od ostalih senzora za tu određenu poziciju. Zbog toga je GPS/DGPS prijemnik jedna od glavnih komponenata koja omogućuje izradu karata uroda.

6.2. Komponente sustava za mjerenje uroda na kombajnu za šećernu repu

Sustavi za mjerenje uroda šećerne repe vrlo su slični sustavu za mjerenje uroda montiranom na univerzalnom žitnom kombajnu, samo se razlikuju u izvedbama senzora uroda (zbog anatomije korijena šećerne repe, a time i drugačijeg tehnološkog procesa rada kombajna za šećernu repu), nemaju senzor vlage (nije potreban), umjesto senzora brzine elevatora mogu imati senzor brzine transportnog remenja (koji u biti radi na istom principu) i umjesto senzora širine zahvata žetvenog uređaja imaju senzor za navođenje uređaja za pripremu i vađenje šećerne repe (zbog toga je širina zahvata konstantna). Zbog toga će se ovdje obraditi samo izvedbe senzora uroda za šećernu repu, senzor brzine transportnog remenja i senzor za navođenje uređaja za pripremu i vađenje šećerne repe.

6.2.1. Senzor uroda

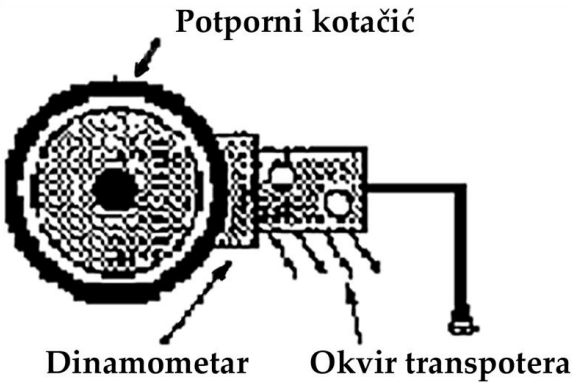
Sustavi za mjerenje uroda šećerne repe mogu koristiti senzore uroda koji rade na principu mjerenja mase ili volumena (masenog ili volumnog protoka). Vrsta senzora ovisi o proizvođaču sustava za mjerenje uroda.

Mjerenje masenog protoka korijena šećerne repe

Senzor za mjerenje masenog protoka (vaganje) određuje urod šećerne repe vaganjem mase šećerne repe koja se nalazi na transportnom remenju (koje prazni spremnik) i mjerenjem brzine transportnog remenja.

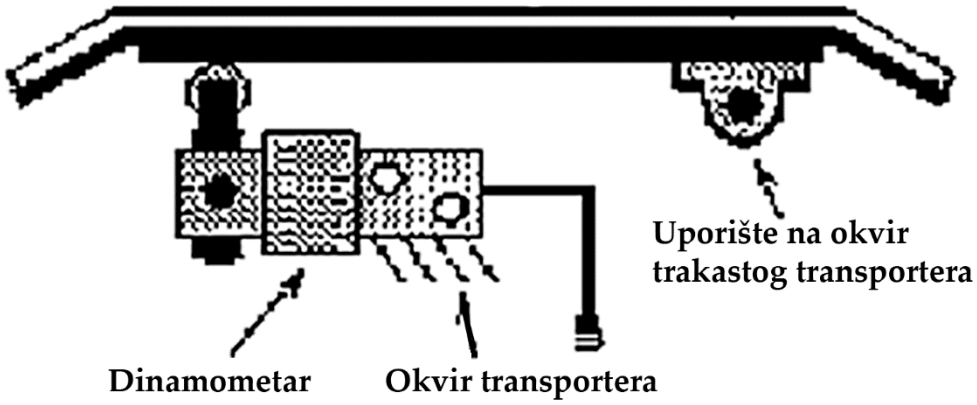
Razvijena su dva tehnička rješenja za mjerenje masenog protoka korijena šećerne repe na transportnom remenju/traci. U oba slučaja se koristi senzor (dinamometar) smješten ispod transportnog remenja.

Prvo rješenje se sastoji od kotačića koji je izravno pričvršćen na dinamometar (Slika 6.14.). Taj kotačić (idler) zamjenjuje jedan izvorni podupirući kotačić na svakoj strani transportne trake.



Slika 6.14. Shema senzora za mjerenje mase šećerne repe s kotačićem
Izvor: Walter i sur., 1995.

Drugo rješenje se sastoji od klizne ploče (klizača) presvučene plastikom (UHMW-PE) (Slika 6.15.) koja je na jednoj strani pričvršćena na okvir transportera s mogućnošću zakretanja, dok je druga strana poduprta s dinamometrom i ima mogućnost vertikalnog gibanja. Sklop s kliznom pločom zamjenjuje dva kotačića na svakoj strani transportne trake.

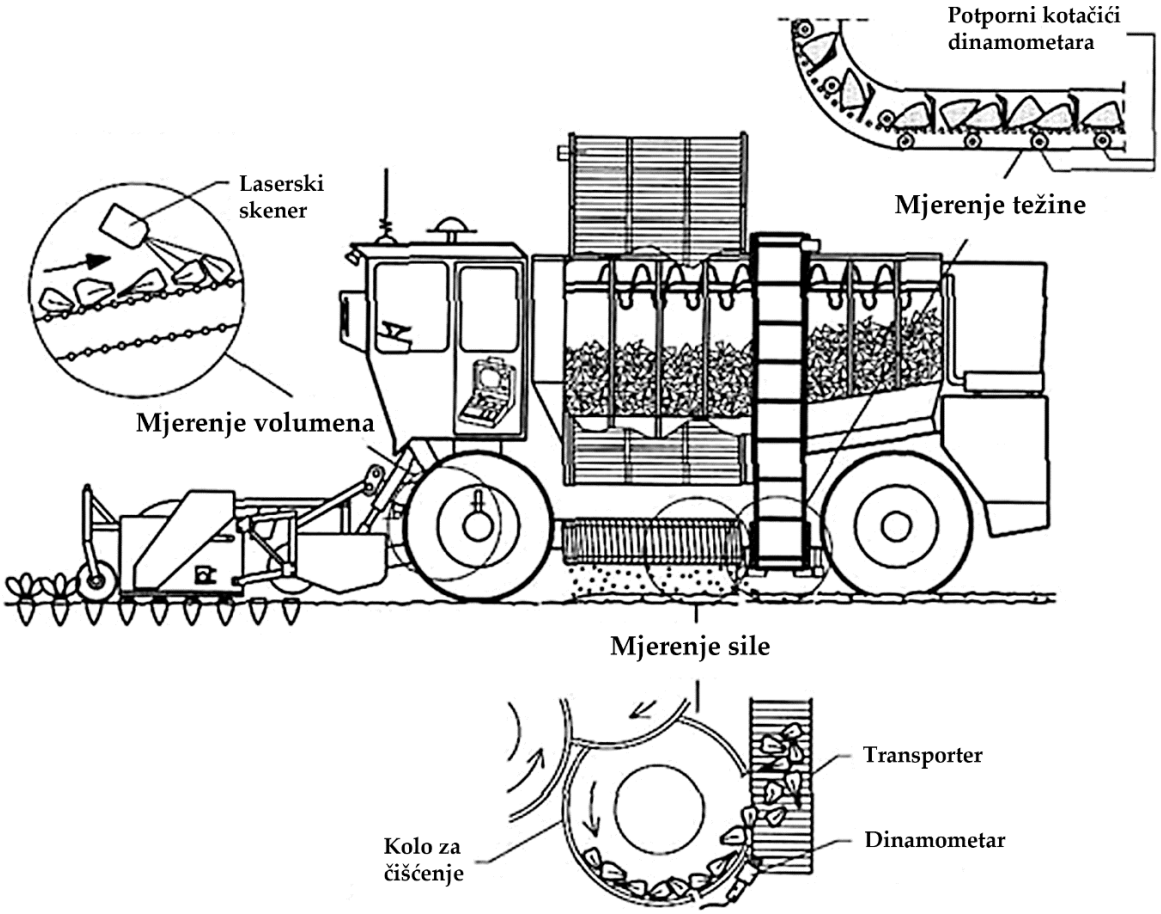


Slika 6.15. Shema senzora za mjerenje mase šećerne repe s klizećom pločom
Izvor: Walter i sur., 1995.

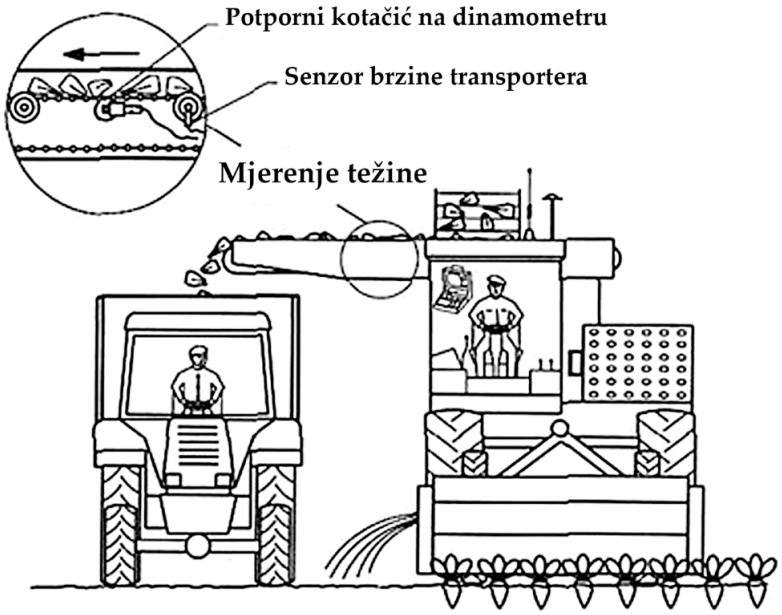
Preciznost mjerenja je uvjetovana snažnim vibracijama pri transportu korijena i tlom na korijenu (Auerhammer i Schueller, 1998.).

Senzor za mjerenje masenog protoka s kliznom pločom je bolji od senzora s kotačićem jer smanjuje udar tereta i daje točnije rezultate.

Prethodno spomenuti senzori za mjerenje masenog protoka (vaganje) mogu biti montirani i na elevatoru koji šećernu repu transportira s uređaja za čišćenje u spremnik, točnije na ulaznoj (punećoj) strani elevatora, gdje je remen elevatora u vodoravnom položaju (Slika 6.16. i 6.17).



Slika 6.16.. Shema različitih principa mjerenja uroda šećerne repe
Izvor: Demmel, 2013.



Slika 6.17. Određivanje mase šećerne repe na uređaju za pražnjenje spremnika kombajna za šećernu repu, System harvestmaster
Izvor: Demmel, 2013.

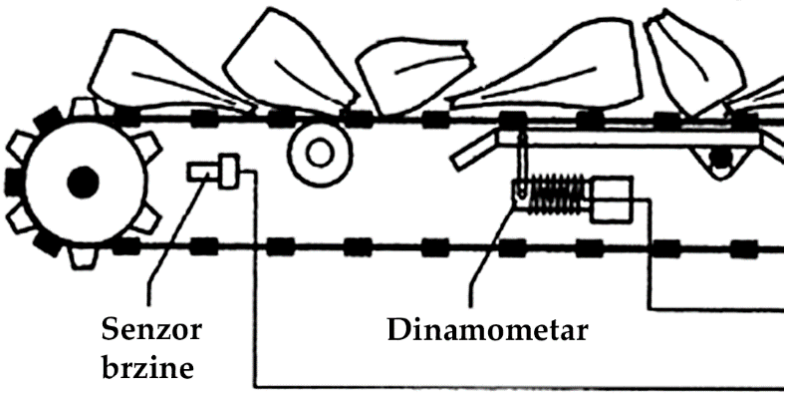
Senzori za mjerenje sile (Senzor udara) mjere urod šećerne repe na uređaju za čišćenje.

Mjerenje volumnog protoka korijena šećerne repe

Senzori za mjerenje volumnog protoka korijena šećerne repe koriste laserski skener postavljen iznad (uvlačnog) žičanog transportera.

6.2.2. Senzor brzine transportnog remenja (žičanog transportera)

Brzina transportnog remenja/elevatora se određuje pomoću induktivnog senzora koji je montiran kod remenice transportnog remenja ili vratila elevatora (Slika 6.18.). Taj senzor mjeri frekvenciju (okretaje u minuti) remenice/vratila iz čega se izračunava brzina. Brzina transportnog remenja/elevatora mora biti poznata za točan izračun protoka mase šećerne repe.



Slika 6.18. Shema smještaja senzora brzine
Izvor: Auerhammer i Schueller, 1998.

6.2.3. Senzor za navođenje uređaja za pripremu i vađenje šećerne repe

Kod ubiranja šećerne repe ticala prenose poprečni tlak na razvodni elektro-hidraulički ventil, koji pomoću hidrauličkog cilindra obavlja korekciju položaja uređaja za pripremu i vađenje (Slika 6.19.).



Slika 6.19. Ticala senzora za vođenje uređaja za pripremu i vađenje šećerne repe
Izvor: Zimmer i sur., 2009.

6.3. Komponente sustava za mjerenje uroda na kombajnu za krumpir

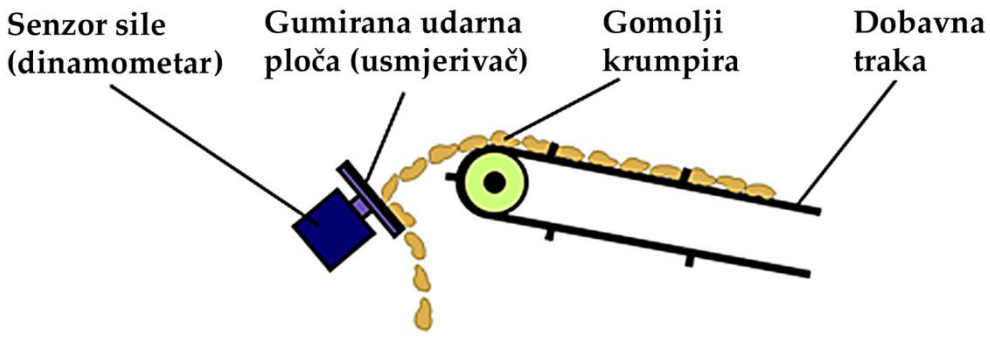
Sustavi za mjerenje uroda krumpira također su vrlo slični sustavu za mjerenje uroda montiranom na univerzalnom žitnom kombajnu, samo se razlikuju u izvedbama senzora uroda (zbog anatomije korijena krumpira, a time i drugačijeg tehnološkog procesa rada kombajna za krumpir), nemaju senzor vlage (nije potreban), umjesto senzora brzine elevatora za očišćeno zrno imaju senzor brzine transportnog remenja (ovdje se neće ponovo obrađivati jer je obrađen u prethodnom poglavlju) i umjesto senzora širine zahvata žetvenog uređaja imaju senzor za navođenje uređaja za iskapanje gomolja (zbog toga je širina zahvata konstantna). Ovdje će se obraditi samo izvedbe senzora uroda za krumpir.

6.3.1. Senzor uroda

Sustavi za mjerenje uroda krumpira mogu koristiti senzore koji rade na principu mjerenja mase ili volumena gomolja (masenog ili volumnog protoka). Vrsta senzora ovisi o proizvođaču sustava za mjerenje uroda.

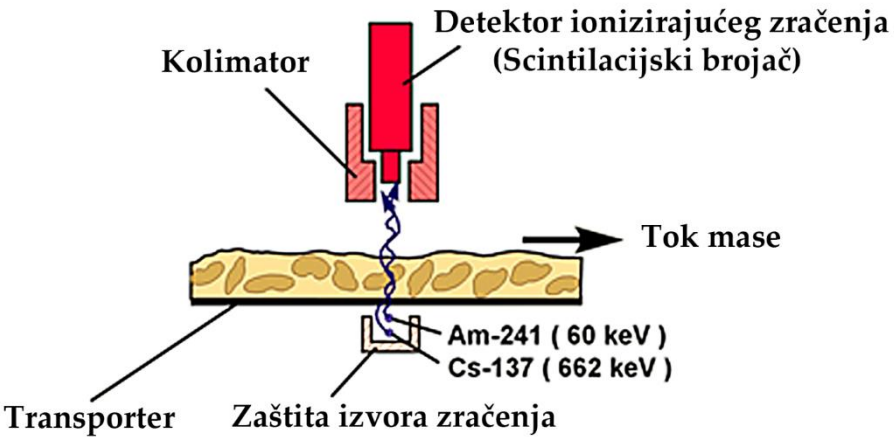
Mjerenje masenog protoka gomolja krumpira

Prvi način mjerenja masenog protoka gomolja krumpira je koristeći senzor sile udara montiran na mjestu pražnjenja elevatora za punjenje spremnika (Slika 6.20.). Sustavi (senzori) tog tipa utvrđuju masu po jedinici vremena djelovanjem snage ili impulsa sile (masa x brzina) gomolja koji su kod glave elevatora s lopatica elevatora bačeni u spremnik.



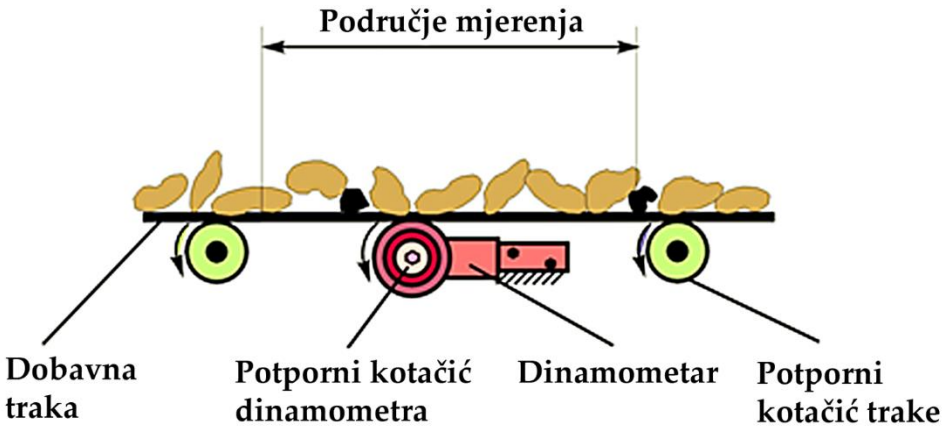
Slika 6.20. Shema senzora udara za mjerenje uroda krumpira
Izvor: Ehlert, 2000.

Drugi način mjerenja masenog protoka gomolja krumpira je koristeći mali radioaktivni izvor i upareni radijacijski senzor (Slika 6.21.). Radioaktivni izvor odašilje snop radijacije preko mase krumpira na transportnom remenju, a radijacijski senzor mjeri koliko radijacije izađe na drugoj strani. Čim je više gomolja na remenju to manje radijacije dođe do radijacijskog senzora.



Slika 6.21. Shema mjerenja uroda krumpira pomoću izvora radijacije i radijacijskog senzora
Izvor: Ehlert, 2000. (prema Bangaz, 1991.)

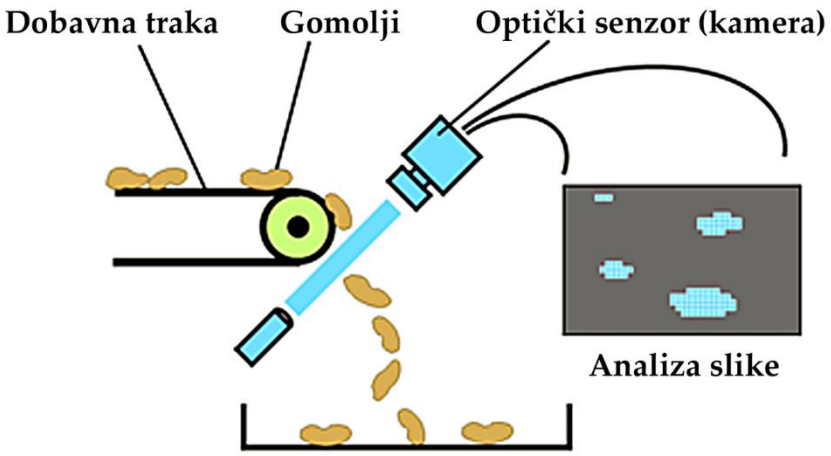
Treći način mjerenja masenog protoka gomolja krumpira je koristeći senzor za vaganje postavljen pri transportnom remenju (Slika 6.22.). Taj senzor (dinamometar) je s jedne strane spojen na metalnu ruku, a s druge strane na valjak (kotačić) koji podupire transportno remenje.
Preciznost mjerenja je uvjetovana snažnim vibracijama pri transportu gomolja i jasno tlom na gomolju.



Slika 6.22. Shema senzora za mjerenje mase (vaganje) krumpira
Izvor: Ehlert, 2000. (prema Campbell, 1994.)

Mjerenje volumnog protoka gomolja krumpira

Volumen je moguće mjeriti prolazom gomolja kroz svjetlosni snop koristeći izvor infracrvenog svjetla i upareni foto senzor na mjestu pražnjenja elevatora za gomolje koji puni spremnik (Slika 6.23.). Kako gomolji prolaze kroz snop svjetla djelomično ga prekidaju. Foto senzor registrira i mjeri te prekide te na osnovu toga izračunava volumen.



Slika 6.23. Shema optičkog senzora za mjerenje uroda krumpira
Izvor: Ehlert, 2000. (prema Larson, 1994.)

7. Izvori grešaka kod mjerenja i kartiranja uroda

7.1. Pogreške kod mjerenja uroda

7.1.1. Umjeravanje i održavanje senzora uroda

Greške u mjerenju uroda mogu se pojaviti ako senzor za mjerenje uroda nije pravilno umjeren. Senzor za mjerenje uroda se mora umjeriti za svaku vrstu usjeva i za svaku promjenu uvjeta žetve/berbe (npr. kasnije u sezoni kako prosječna vlažnost usjeva pada). U pravilu proizvođači sustava za mjerenje uroda naprave osnovno umjeravanje. Kod nekih sustava umjeravanje se napravi automatski, na početku svakog prohoda i to nakon nekoliko minuta vršidbe. Kod sustava kod kojih se umjeravanje ne provodi automatski postupak umjeravanja se pokreće na korisničkom sučelju (zaslonu) sustava za mjerenje uroda u kabini kombajna tijekom žetve. Potrebno je žeti pri konstantnoj brzini da bi se dobio ujednačen protok mase zrna na senzoru uroda. Nakon što je po preporuci proizvođača sustava prikupljena određena količina usjeva, obavlja se pretovar u prikolicu za vaganje koja vrlo precizno mjeri masu sakupljenog usjeva. Ta izmjerena vrijednost se tada unosi u računalo sustava za mjerenje uroda i koristi se za umjeravanje senzora uroda (električni signal iz senzora uroda se podešava sa stvarnom masom usjeva).

Dok se umjeravanje kod senzora koji rade na principu mjerenja volumena može relativno točno provesti, kod senzora koji rade na principu snage/impulsa točnost je manja. Da bi se postigla veća točnost, potrebno je izvesti umjeravanje putem usporedbe izmjerenih rezultata senzora s rezultatima iz usporednog vaganja (umjeravanje korištenjem prikolica s vagom) (Slika 7.1.).

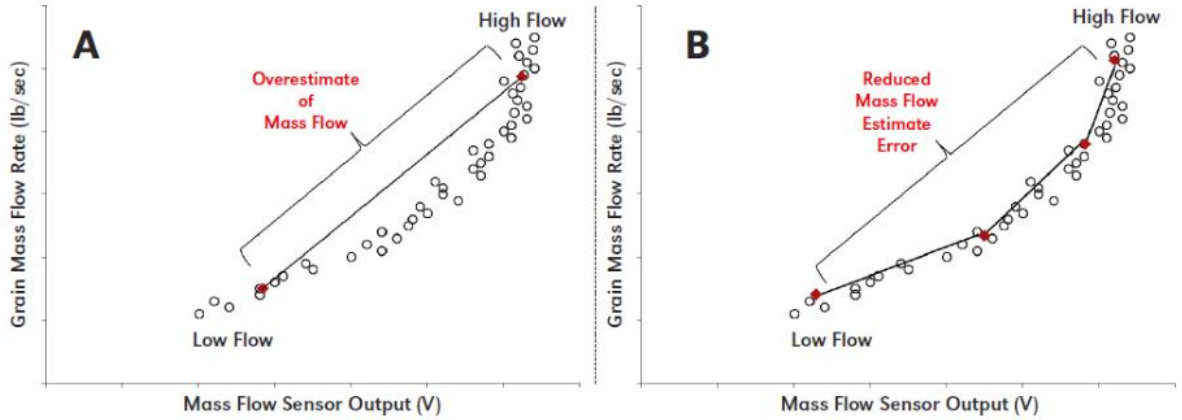
Umjeravanje senzora za mjerenje količine zrna će biti točna koliko su točne metode koje se koriste tijekom procesa umjeravanja (npr. ako prikolica za vaganje nije dobro umjerena ta greška će se prenijeti na senzor za mjerenje uroda).



Slika 7.1. Prikolica opremljena vagom za mjerenje mase zrna u postupku umjeravanja senzora za mjerenje uroda

Izvor: Luck i Fulton 2004.

Problem povezan sa senzorom za mjerenje uroda je da je odaziv nelinearan. Ta nelinearnost postaje problem kada se koriste samo jedan ili dva spremnika tijekom procesa umjeravanja. Jedan takav primjer je prikazan na Slici 7.2. A gdje je odaziv senzora prikazan u odnosu na protok zrna u elevatoru za očišćeno zrno. Kada se koristi umjeravanje s dvije točke (jedna točka za viši protok i jedan za niski protok), raskorak se pojavljuje između jednadžbe umjeravanja i stvarnih vrijednosti. U slučaju sa samo dvije točke umjeravanja urod će biti precijenjen (Luck i Fulton 2004.).



Slika 7.2. Potencijalna greška kada se koristi umjeravanje s dvije točke (A) i točnije procjene uroda kada se koristi više točaka (B)

Izvor: Luck i Fulton 2004.

Da bi smanjili potencijalne greške, moguće je provođenje dodatnih umjeravanja i unošenje istih u sustav. Ti dodatni podaci mogu smanjiti greške procjene uroda, kao što je prikazano na Slici 7.2. B U tom konkretnom slučaju korištenja mnogobrojnih umjeravanja, nelinearnost senzora je bolje procijenjena (Luck i Fulton 2004.).

Nekoliko čimbenika utječe na točnost umjeravanja, izvan samog umjeravanja. Nakupljanje materijala na udarnoj ploči senzora uroda može uzrokovati da senzor uroda slabije reagira na udar usjeva. Istrošenost udarne ploče može također uzrokovati smanjenje točnosti umjeravanja. Napetost lanca elevatora za očišćeno zrno utječe na brzinu kojom se zrno izbacuje na vrhu elevatora u udarnu ploču te to mijenja silu koja djeluje na nju. Proizvođači sustava za mjerenje uroda preporučuju da se lanac elevatora napne prije umjeravanja. Prekomjerna istrošenost lopatica elevatora će također utjecati na umjeravanje protoka mase usjeva. Žetva na padinama u većini slučajeva smanjuje točnost kod mjerenja protoka mase usjeva.

7.1.2. Preciznost senzora za mjerenje uroda

Ovisno o principu mjerenja, preciznost senzora za mjerenje uroda uvjetovana je čimbenicima poput vlage zrna, gustoće, protoka zrna, brzine elevatora i nagiba elevatora. Svaki od senzora shodno spomenutom ima svoj rang preciznosti pod određenim radnim uvjetima, Tablica 7.1.

Tablica 7.1. Preciznost senzora za mjerenje uroda zrnatih usjeva

		Izmjerena odstupanja u 1s (%)			
	Tip senzora	Ravna površina	15°bočni nagib	15°uzdužni nagib	Testovi u polju Napomena
Yield-O-mjerač (Claas)	Volumni protok mjerni kotačić	1.80	1.15	1.68	3.86
CERES 2 (RDS)	Volumni protok svjetlosna zraka	0.94	3.04	9.49	3.43
Flowcontrol (MF)	Maseni protok radiometrijski	2.24	2.10	1.10	4.07
Yield Monitor (Ag-Leader)	Sila pritiska mase	3.15	1.41	1.64	4.06

Napomena: Rezultati testiranja provedenih na Tehničkom Univerzitetu u München-u Pokusi u polju su obavljani tijekom tri (3) godine u različitim radnim uvjetima i s različitim tipovima kombajna.

Izvor: Demmel, 2001.

7.1.3. Umjeravanje i održavanje senzora vlage

Greške kod mjerenja vlage mogu se javiti ako senzor vlage nije pravilno umjeren i ako se ne održava.

Umjeravanje senzora vlage se odnosi na postupak dobivanja razmjernog faktora za korekciju izmjerenog sadržaja vlage usjeva. To se radi tako da se uzme uzorak usjeva u blizini senzora vlage i pomoću prijenosnog uređaja za mjerenje vlage odredi vlaga. Nakon toga se to očitanje vlage usporedi s očitanjem senzora vlage na kombajnu. Iz tog odnosa se izračunava razmjerni faktor. Za svaki usjev treba napraviti posebno umjeravanje.

Dok većina senzora vlage ne zahtijevaju mnogo servisiranja i održavanja tijekom sezone žetve, zbog nakupljanja biljnih ostataka na osjetnim pločama (usjev koji prolazi preko senzora ne radi dobar električni kontakt s osjetnim pločama) vozači kombajna bi povremeno trebali provjeravati da li su senzori čisti i da li rade normalno. Taj tip grešaka se često javlja kada se žanje na vlažnim ili zakorovljenim parcelama.

7.2. Pogreške kod kartiranja uroda

7.2.1. Postavke vremena odgode u detekciji usjeva

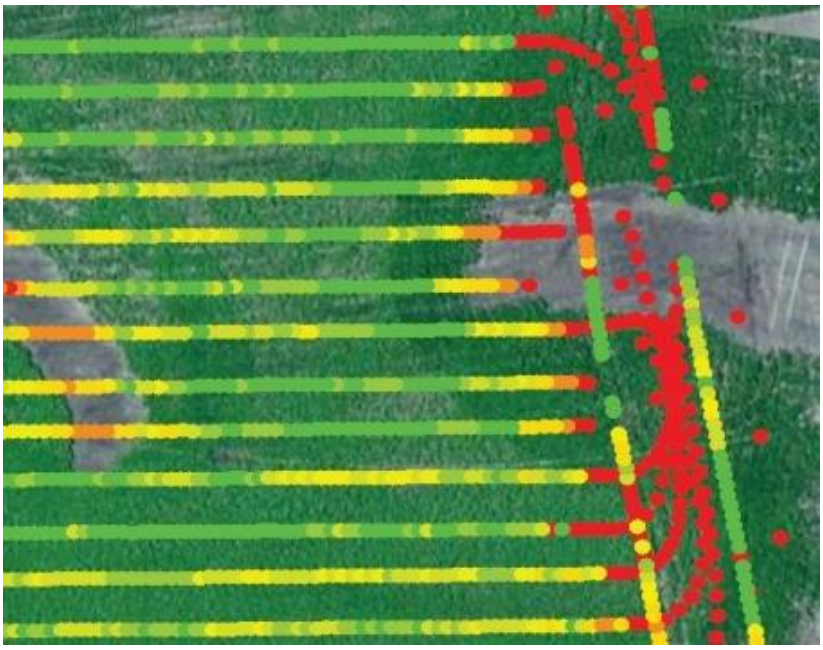
Potrebno je neko vrijeme da bi usjev proputovao kroz kombajn (žetveni uređaj, vršidbeni uređaj i uređaj za čišćenje) i bio detektiran na senzoru za mjerenje usjeva nakon što je otkošen na žetvenom uređaju. To vrijeme se naziva vrijeme odgode u detekciji uroda i najvidljivije je kad kombajn ulazi ili izlazi iz usjeva na krajevima parcela. Za većinu kombajna, vrijeme odgode bi trebalo biti između 10 i 15 s, a dobiva se mjerenjem vremena koje je potrebno da otkošen usjev uđe u spremnik, imajući na umu da bi 1 ili 2 s trebale biti oduzete od te vrijednosti pošto je senzor protoka zrna ispred spremnika za zrno. Vozač kombajna treba unijeti točno vrijeme odgode u računalo sustava za mjerenje uroda da bi osigurao da

su očitanja senzora uroda pravilno podešena i da bi se podudarala s zabilježenim GPS točkama. Nakon što se podaci sustava za mjerenje uroda prenesu na osobno računalo treba još jednom provjeriti da li je vrijeme odgode dobro podešeno. Zbog te odgode se javljaju greške kod pridruživanja izmjerenih vrijednosti uroda mjestu gdje su ubrane tj. ne odgovaraju mjestima koja su označena na karti (gdje su otkošena) zbog kojeg se urod razmješta na krive pozicije na karti uroda (ne odgovara mjestu otkosa). Programi za kartiranje koriste to vrijeme odgode da bi odredili kada i gdje je usjev otkošen.

7.2.2. Upravljanje senzorom položaja žetvenog uređaja

Ako se ne koristi pravilno, senzor položaja žetvenog uređaja može uzrokovati greške na karti uroda. Vozač kombajna bi trebao spuštati ili podizati žetveni uređaj samo kada ulazi ili izlazi iz usjeva. To će osigurati da podaci o urodu usjeva odgovaraju mjestu gdje su požeti (podaci su pomaknuti prema postavkama vremena zaostajanja).

Čest problem je da vozači kombajna ne podignu žetveni uređaj iznad potrebne visine kada se okreću na uvratinama (Slika 7.3.). Zbog toga sustav za mjerenje uroda i dalje misli da ubire usjev (prijavljuje mali ili nikakav urod), što rezultira bilježenjem većih površina nego što su ustvari požete i snižava konačnu procjenu uroda na parceli.



Slika 7.3. Podaci o urodu sakupljeni tijekom okretanja na uvratinama (crvene točke)
Izvor: Luck i Fulton 2004.

7.2.3. Proputovana udaljenost

Dok se duljina prijeđenog puta obično točno procjenjuje, nagle promjene u brzini kretanja mogu voditi do grešaka u procjenama podataka o urodu. Te greške se najčešće javljaju kada se kombajn naglo zaustavi. Čak i s pravilno podešenim vremenom odgode u detekciji uroda usjeva, uvijek se zabilježi mala proputovana udaljenost i tada se spoji s normalnim očitanjima

protoka mase. Rezultat je preuveličana procjena uroda. Dok se nagla zaustavljanja ne mogu izbjeći, vozači bi trebali znati da mijenjanje brzine rada može utjecati na procjene uroda te ju ne bi smjeli puno mijenjati (Luck i Fulton 2004.).

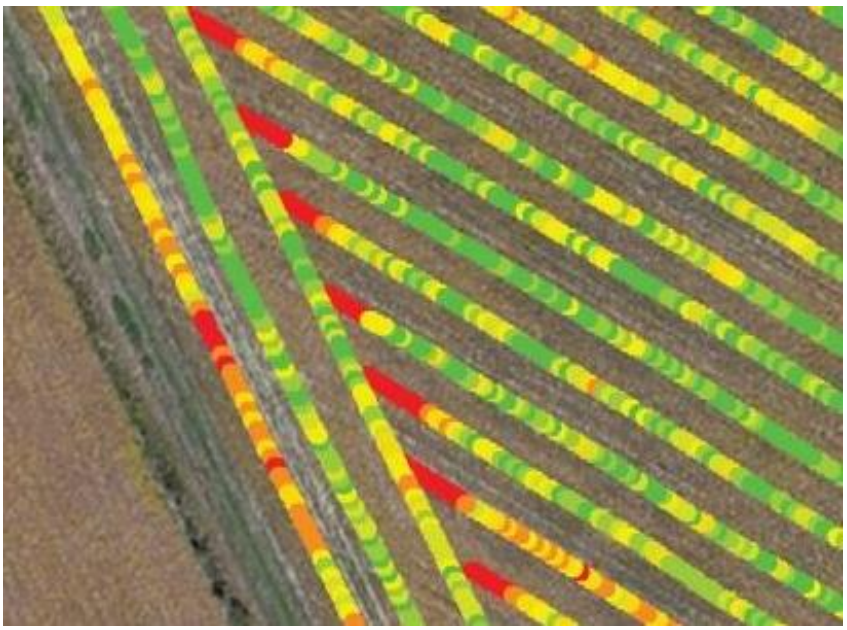
7.2.4. Širina otkosa žetvenog uređaja

Određivanje širine otkosa žetvenog uređaja je bio jedan od najtežih problema za riješiti s obzirom na točne procjene uroda. Pogrešna širina otkosa žetvenog uređaja je izvor drugih grešaka (pogrešan izračun požete površine u određenom periodu i time pogrešan izračun uroda). (Slika 7.4.)

Starije izvedbe sustava za mjerenje uroda nisu imale senzore za mjerenje efektivne širine otkosa žetvenog uređaja, već se širina otkosa ručno unosila u sustav. Kod njih je dolazilo do grešaka jer je teško cijelo vrijeme održavati razdjeljivač žetvenog uređaja poravnat s rubom usjeva ili pri kraju žetve parcele kad je širina usjeva manja od zahvata žetvenog uređaja.

Širina otkosa je jedan od problema koji se najčešće ispravljao tijekom pregledavanja dobivenih podataka nakon žetve.

Noviji sustavi za mjerenje uroda nude automatsko podešavanje širine otkosa koristeći senzore za mjerenje širine otkosa. Kod tih sustava nema takvih grešaka.



Slika 7.4. Otkos s greškama koje pridonose nižim procjenama uroda unutar usjeva koji rastu u redovima

Izvor: Luck i Fulton 2004.

7.2.5. Upravljanje kombajnom opremljenim sustavom za mjerenje uroda

U nekim slučajevima greške kod mjerenja i kartiranja uroda su neizbježne, ali često vozači kombajna mogu smanjiti utjecaj koji će greške imati na procjene uroda.

Konačni izgled karte uroda ovisi o tome kako je upravljano kombajnom. Često stajanje ili nagle promjene u brzini mogu uzrokovati nepravilne podatke o urodu. Za najbolje rezultate treba održavati jednoliki protok mase koja se žanje/ubire. Na zaslonu sustava za mjerenje uroda se može postaviti da pokazuje trenutnu brzinu protoka mase (obično blizu stope umjeravanja). Ova stopa se može održavati blizu konstantne brzine podešavanjem brzine kretanja kombajna da bi se kompenzirala količina mase koja ulazi u kombajn.

8. Izrada i tumačenje karata uroda

Nakon što se pomoću sustava za mjerenje uroda pribave svi potrebni podaci (količina uroda, vlažnost zrna, geografske koordinate…), potrebno je te podatke uz pomoć programa za kartiranje (GIS) obraditi te od njih napraviti karte koje će služiti u daljnjoj analizi.

8.1. Prezentiranje karata uroda

Prvi korak kod izrade karte uroda je određivanje kako će ista biti prezentirana. Izbor raspona uroda i sheme boja za prikaz podataka o urodu na karti i prateće legende uvelike utječe na izgled, kvalitetu i korisnost iste.

Tri su najkritičnija aspekta za pravilnu prezentaciju podataka o uroda usjeva:

1. Združivanje podataka – metoda kojom se podaci grupiraju u opsege uroda
2. Broj raspona – odgovarajući broj intervala podataka za prikaz na karti uroda
3. Shema boja – boje koje najbolje razlikuju podatke u rasponima uroda

Združivanje podataka – četiri glavne metode združivanja podataka su:

1. Jednaki broj – dijeli podatke tako da svaki od raspona podataka sadrži približno isti broj bodova; međutim, širina raspona obično varira,
2. Jednaki interval – rasponi su ravnomjerno raspoređeni, ali broj bodova u svakom rasponu će varirati,
3. Standardna devijacija – stvara raspone ispod i iznad ukupne srednje vrijednosti u jedinicama jednake standardnom odstupanju cijelog skupa podataka i dodatni rasponi se dodjeljuju dok se svi podaci ne uključe u raspon,
4. Prirodni prekidi – stvara raspone temeljene na prirodnim prekidima u točkama grupiranja podataka o urodu.

Postoje prednosti i mane svake od tih metoda. Na primjer, jednaki broj i standardna devijacija može pretjerati uzorke uroda, kada postoji mala ili nikakva varijacija. Jednak interval može uvelike umanjiti varijacije ako rasponi uroda nisu ispravno umanjeni ali daleko je lakše interpretirati i usporediti karte tom metodom. Prirodni prekidi čine dobar intuitivni osjećaj ali oni su subjektivni i rijetko će biti dosljedni s karte na kartu. Većina programa za kartiranje dopuštaju korisniku da odabere metodu združivanja podataka.

Broj raspona – Odabir premalo raspona podataka za urod maskira stvarne varijacije dok odabir previše raspona rezultira kartom koja je previše natrpana za promatrača da bi ju vizualno procesirao. U pravilu se koristi između četiri i deset raspona. Optimalno je pet raspona. S pet razina karta će sadržavati dvije razine ispodprosječnih uroda, dio koji je prosjek i dvije razine koje su iznad prosječnih uroda.

Shema boja – Shema boja se odabire kako bi se jasno razlikovali podaci u različitim rasponima. Ovo se može ostvariti pomoću gradijenta u sjenčanju od svijetle do tamne boje ili korištenjem logičnog slijeda boja. Čest primjer je korištenje slijeda zelena-žuta-narančasta-

crvena. Rasponi prinosa idu od visokih (zelena) do srednjih (od žute do narančaste) do niskih (crvena). Drugi pristup je da se koriste gradacije samo dvije boje da bi se prikazala varijacija.

Karte uroda mogu biti prezentirane u dva glavna oblika, vektorskom i rasterskom. U prvom, podaci sustava za mjerenje uroda su kartirani kao pojedinačne točke, dok su u drugom podaci u obliku kvadratića (ćelija) izglađeni ili oblikovani da bi pokazali više generalizirane trendove uroda (prosječne vrijednosti). Karte s pojedinačnim točkama su najbolje za uočavanje pogrešaka u kartiranju uroda, dok karte s kvadratićima (ćelijama) često skrivaju greške i kvadratić (ćelija) se može produžiti izvan zone koja je u stvari u pitanju. Karte sa podacima u obliku točaka se moraju cijele pregledati prije nego se proizvedu karte kvadratića (ćelija). Dosljednost i ujednačenost prezentacije je vrlo bitna za proizvodnju korisnih karti uroda (Grisso i sur. 2009.c).

8.2. Obrada „sirovih“ podataka za izradu karata uroda

Drugi korak kod izrade karte uroda je pregledavanje i ispravljanje prikupljenih („sirovih“) podataka. „Sirov“ zapis sadrži točke snimljene tijekom okretanja na uvratinama, a te izmjere senzora ne odgovaraju točnim lokacijama žetve jer je protok usjeva kroz kombajn proces koji uvijek ima određeno vrijeme odgode prije nego se detektira (osim ako se ne koristi ispravljanje u realnom vremenu). Da bi se eliminirale te greške, sirovi podaci se premještaju kako bi kompenzirali vrijeme odgode u detekciji uroda, a točke koje odgovaraju mjestima gdje je žetveni uređaj podignut i ne ubire usjev treba uklonili. Obično treba ukloniti i nekoliko točaka na početku i na kraju prolaza. Te točke predstavljaju vrijeme odgode u detekciji prolaska usjeva kroz kombajn na početku i kraju prolaza. Vrijeme odgode na početku prolaza pojavi se kada kombajn počne ubirati usjev, ali protok usjeva se nije stabilizirao jer se elevator postepeno puni. Slično, odgoda na kraju prolaza se pojavi kada kombajn izlazi iz usjeva i dok se protok usjeva postepeno smanjuje do trenutka kada je elevator potpuno ispražnjen.

Premještanje točaka zbog vremena odgode u detekciji protoka usjeva na početku i kraju prolaza kao i brisanje točaka koje predstavljaju mjesta gdje je žetveni uređaj u podignutom položaju je glavni postupak filtriranja podataka ugrađen u program kojim je opremljen sustav za kartiranje uroda. Točke s pogrešnim podacima su najčešći tipovi grešaka. Razvijeno je nekoliko algoritama za filtriranje podataka (i ugrađeni su u komercijalno dostupne poljoprivredne GIS proizvode) koji uklanjaju podatke – točke koje ne odgovaraju predodređenim zahtjevima. Ti podaci uključuju:

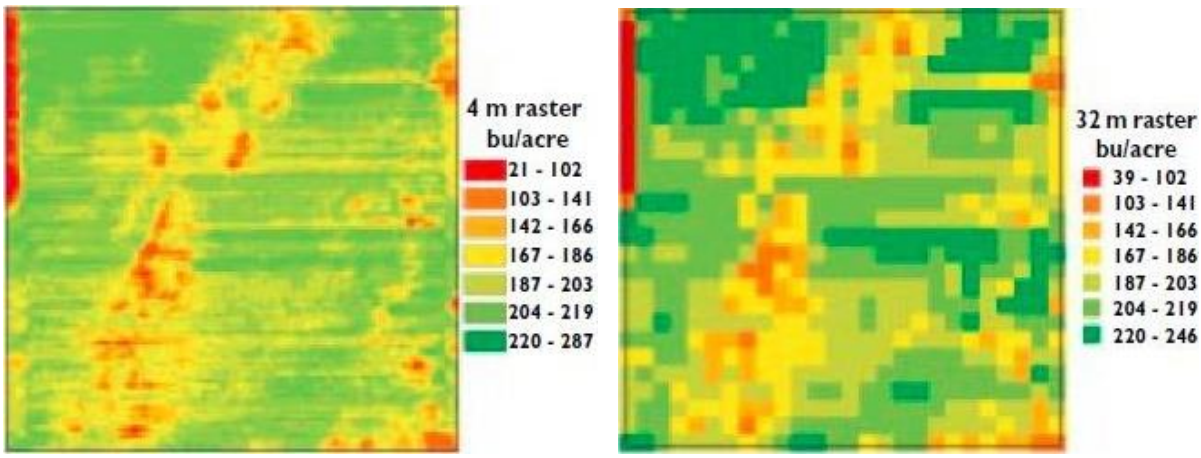
- točke s vrijednostima uroda ili individualna mjerenja senzora koje prelaze mogući raspon
- stršeći podaci bazirani na opisnoj statistici (izvan raspona normalne distribucije)
- točke s zamjetno krivim položajem
- točke koje se ne slažu s predodređenim statističkim procjenama bazirane na statistici lokalnog susjedstva (značajnije drugačije od susjednih točaka)

Većina algoritama za filtriranje uklanjaju od oko 10 do 20 % ukupnih točaka s podacima o urodu, koji obično poboljšavaju frekvenciju distribucije uroda. Razlozi za te greške mogu biti mnogobrojni, ali najočitiji su:

- promjenjiva širina usjeva koja ulazi u žetveni uređaj tijekom žetve/berbe
- mijenjanje vremena odgode u detekciji usjeva kako prolazi kroz vršidbeni uređaj
- prolazom usjeva kroz kombajn u sustavu za transport usjeva
- gubici usjeva kroz kombajn
- brzina kretanja
- pogreške u mjerenju protoka usjeva i vlage
- inherentne „lutajuće“ greške GPS-a

Usrednjavanje (izglađivanje) podataka preko većeg područja može poboljšati cjelokupnu točnost karte uroda. To može također biti postignuto povećanjem intervala zapisivanja podataka (od 1 do 3 s). Mana usrednjavanja je ta da pogrešne vrijednosti možda neće biti tako očite i filtrirani podaci će možda biti neefikasni. Stoga bi najbolja strategija bila snimanje podataka s najvišom dostupnom frekvencijom i primjenjivanje usrednjavanja (izglađivanja) poslije filtriranja.

Pretvaranje (usrednjavanje ili izglađivanje) točaka s podacima o urodu do rastera sa slojem podataka o urodu je jedno od načela tehnika rukovanja podacima dostupnim u mnogobrojnim GIS paketima. Slika 8.1. prikazuje kartu uroda (nakon filtriranja podataka) pretvorenu u raster (mrežu) s 4 m i 32 m razlučivosti. U oba slučaja je korištena kriging (kriging je statistička metoda procjene) interpolacija (iako mnogi komercijalni paketi jednostavno uprosječuju podatke o točkama unutar svakog rastera). Treba imati na umu da interpolacija do grube mreže može rezultirati gubitkom informacija i obrascima koji možda ne reflektiraju prave prostorne varijacije u urodu usjeva. Veća veličina mreže također rezultira u većem uprosječivanju (izglađivanju) podataka, tj. cjelokupni raspon od minimalnog do maksimalnog uroda postane uži. Poljoprivrednik može odlučiti koju veličinu rastera želi koristiti, ovisno o potencijalnoj primjeni karte uroda (Viacheslav i sur. 2004.).



Slika 8.1. Interpolirana karta uroda s rasterom od 4 m (lijevo) i 32 m (desno) rezolucijom
Izvor: Viacheslav i sur., 2004.

8.3. Tumačenje karata uroda

Tumačenje karata uroda može biti izazovan proces ali procjena primijenjenih postupaka kod uzgoja usjeva i varijabli koje se prirodno pojavljuju može poboljšati uspjeh tumačenja (Tablica 8.1).

Tablica 8.1. Vodič za tumačenje (određivanje) varijabilnosti unutar karte uroda.

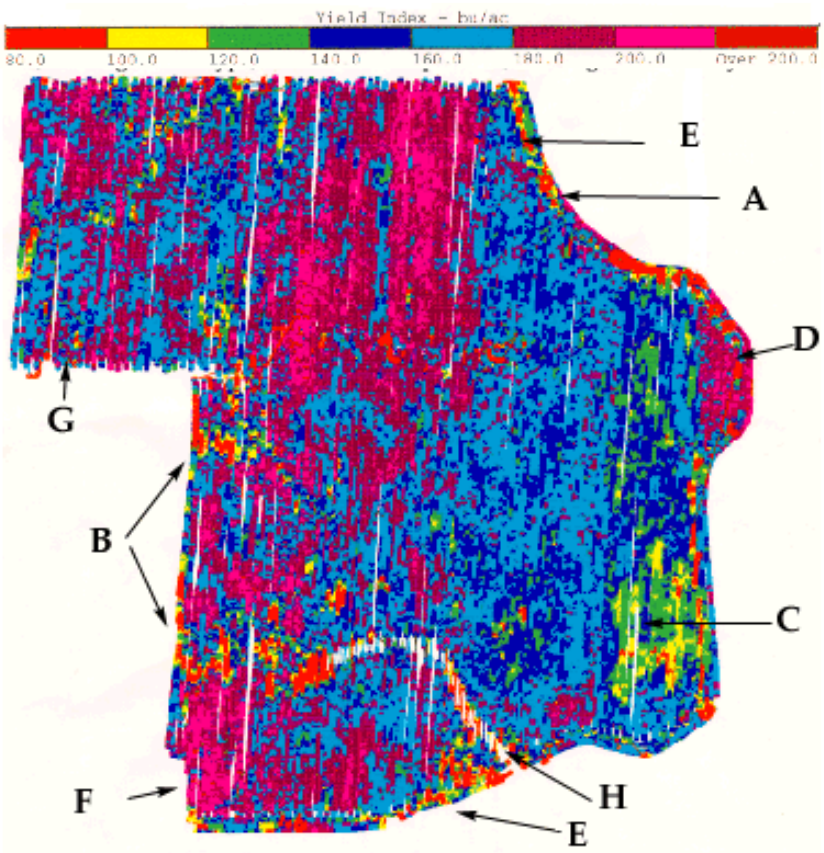
Primijenjeni postupci pri uzgoju usjeva Pravilni obrasci		**Prirodne varijabilnosti Nepravilni obrasci**	
Ciljanom primjenom	**Bez ciljane primjene**	**Nepravilne linije**	**Nepravilno područje/ površina**
-Promjene u datumu sjetve -Promjene u hibridu/sorti -Promjene u aplikaciji pesticida -Odabran tretman zaštite -Prskalice -Pogreške opreme -Loša raspodjela žetvenih ostataka -Zbijanje tla	-Drenažna mreža -Povijesno drugačija parcela -Stari uzorci puteva -Način raspodjele hraniva -Podzemna infrastruktura -Prethodna zbijanja	-Topografija terena -Zanošenje herbicida -Zasjenjenost granice parcele -Zaraženost insektima od susjedne parcele -Nepravilna raspodjela hraniva -Vodotoci	-Promjene u vrsti tla -Odvodni kanali -Zaraženost korovima -Promjene plodnosti tla -Plodored -Zaraženost bolestima -Učinak herbicida -Zaraženost insektima -Promjene organske tvari -Štete od divljači -Vlažni prostori

Izvor: Lotz, 1997.

Na primjer, u karti uroda prikazanoj na Slici 8.2. urodi variraju od 5.38 t/ha do 13.45 t/ha. Neki od poznatih razloga ove varijabilnosti uključuju:

A. Promjena hibrida kukuruza
B. Loša drenaža površine
C. Nisko vlažno područje
D. Nedavno posječena stara šuma
E. Zadnji red je zbijen zbog okretanja strojeva
F. Promjena u tipu tla
G. Mehanički problem sijačice
H. Zakorovljen odvodni kanal

Primijenjeni postupci pri uzgoju usjeva, kao što su A, D, E, G i H imaju dobro definiran i pravilan oblik dok su oni s prirodnim varijabilnostima (B, C i F) nepravilnog oblika.



Slika 8.2. Primjer karte uroda

Izvor: Lotz, 1997.

Općenito, treba istražiti uvjete na područjima s najvišim i najnižim urodima na parceli. Što su ti uvjeti i mogu li se ponoviti? Koje su veličine tih područja u odnosu na cijelu parcelu i da li su značajna?

Jedan pristup za tumačenje varijabilnosti uroda je da se usporede urodi iz istog usjeva ili drugih usjeva korištenjem normaliziranog uroda. Normalizirani urod se dobiva dijeljenjem svakog uzorka uroda s prosjekom parcele. Normalizirani urodi se izražavaju kao postotak od prosječnog uroda parcele i mogu biti korišteni za usporedbu uzoraka prostornih uroda na različitim usjevima i godinama. Tako je urod od 125 % zapravo 25 % veći od prosjeka na terenu, a bilo koje područje manje od 75 % normaliziranog uroda može imati neka ograničenja. Ovaj pristup omogućuje usporedbu različitih usjeva.

Drugi način tumačenja koristi podatke o normaliziranom urodu iz više godina i različitih usjeva da podijeli parcele u četiri klase ili zone upravljanja na temelju raspona i stabilnosti uroda. Te četiri klase su: (1) vrlo visok i stabilan urod, (2) srednji i stabilan urod, (3) nizak i stabilan urod i (4) sva područja koja ne pokazuju dosljedan uzorak (tu se urodi smanjuju ili povećavaju različito iz godine u godinu). Svaka od ovih klasa zahtijeva drugačiji pristup u uzgoju. Stabilna područja s visokim do srednjim urodom bi trebala biti pregledana da bi se odredilo da li je bilo koji input kao što su hraniva, sjetva ili kontrola štetočina ograničio potencijalno veći urod. U stabilnim područjima, sa slabim urodom, faktor koji ograničava urod bi se trebao moći lako odrediti. Ako se faktor koji ograničava urod može profitabilno ispraviti, onda je to najbolji tijek akcije te će proizvođač moći reducirati inpute bez reduciranja uroda. Na primjer, ako usjev ne može koristiti sva hranjiva koja su se trenutno

primijenila tada nema koristi ako se primjeni veća količina jer se urodi neće povećati. Nestabilna područja su najteža za interpretaciju i upravljanje. Ta područja bi trebala biti ispitana tijekom razdoblja od više godina i tijekom rasta usjeva s obzirom na slabu klijavost, loš kapacitet za držanje vode, da li su područja nestabilna za sve usjeve u plodoredu, itd. Na primjer, pjeskovita, dobro drenirana područja na parceli imaju tendenciju da imaju dobar urod u sezonama kada su vlažni uvjeti prisutni prilikom sijanja i gdje je naknadno puno oborina. Područja s težim i/ili loše dreniranim tlima možda će imati slabije rezultate u tim godinama. Međutim, u vrlo suhim godinama ili u godinama gdje su tla već bila vrlo suha prilikom sjetve, pjeskovita područja bi dala lošije rezultate od područja pod težim tlima. Ta dva područja bi imala nestabilne raspone uroda od godine do godine. Ako jedna površina na parceli ima konstantno nizak urod s različitim usjevima, treba je ispitati da bi se odredio uzrok ili postigao puni potencijal. Ako jedna površina ima visok urod s jednim usjevom a nizak urod s drugim, treba uzeti u obzir zašto se to događa. Što bi moglo smanjiti urod za jedan usjev ali ne utječe na druge? Na primjer, kalcifikacija za ispravljanje pH (Grisso i sur. 2009.c).

9. Primjena karata uroda

Ako želimo da karte uroda imaju pravu svrhu, podaci proizašli iz njih moraju biti uključeni u analizu, donošenje odluka i cjelokupan proces planiranja operacija proizvodnje.

Razvijanje strategije upravljanja uzgojem usjeva je najteži dio procesa precizne poljoprivrede. Izazov je razviti smislene odnose za donošenje odluka o uzgoju usjeva, jer varijabilnosti u urodu mogu biti rezultat nekoliko osobina, a rjeđe samo jedne. Potrebno je pratiti varijacije uroda od nekoliko uzastopnih godina kako bi se odredilo da li su varijacije pod utjecajem načina upravljanja ili klime. U nekim slučajevima to može potrajati do pet godina prije nego se može napraviti smislena odluka o uzgoju usjeva.

Kad se identificira problem potrebno je odrediti daljnji tijek akcije, međutim to je ponekad teško jer svako gospodarstvo je jedinstveno i neka moguća rješenja nisu dostupna ili nisu isplativa. Zbog toga se moraju razmotriti koraci u ulaganju u proizvodnju koji se mogu najlakše kontrolirati i pri tome osigurati najveću ekonomsku dobit u što kraćem roku,a tek nakon toga razmotriti ulaganje koja će osigurati dobit kroz duže razdoblje.

9.1. Sustavi potpore odlučivanju

Podaci iz karata uroda se mogu koristiti u programima za pomoć kod donošenja odluka o uzgoju nekog usjeva (sustavima potpore odlučivanju) zajedno s podacima iz drugih izvora, npr. podaci o sadržaju hraniva u tlu iz karata hraniva kako bi se otkrili i otklonili uzroci varijabilnosti.

Sustavi potpore odlučivanju (engl. *Decision Support System* – DSS) su informacijski sustavi (računalni programi) namijenjeni pružanju potpore poljoprivrednicima pri donošenju odluka o načinima uzgoja usjeva. Ti sustavi ne obavljaju donošenje odluka već opskrbljuju poljoprivrednika sa svim relevantnim informacijama potrebnim za donošenje odluka. Osim toga omogućuju i istraživanje utjecaja mogućih odluka na uzgoj usjeva.

DSS koristi baze podataka i dokumenata, pohranjeno znanje te ugrađene modele i procedure za prikaz različitih pogleda na tražene informacije (npr. grafovi, slike, tablice).

DSS radi tako da se u njegove baze unesu podaci o usjevima, tlu, sadržaju hranjiva, klimi, itd. te se provode istraživanja i analize učinka pojedinih odluka na cjelokupan uzgoj nekog usjeva.

Sustavi potpore odlučivanju posjeduju alate za planiranje i izvještavanje, za snimanje podataka o uvjetima na parceli, radovima u pripremi tla, prskanju, količini gnojiva pri prihrani, varijacijama pri sjetvi, populaciji biljaka pri sadnji, vremenskim uvjetima i ostalom.
Dakle, to su sustav koji omogućava optimiziranje radova i olakšava potpuno dokumentiranje poljoprivredne proizvodnje. Njima se tijekom cijele godine mogu se unaprijed planirati vlastiti poslovi. Rezultat je manje vremena potrebnog za pripremu, te potpuno prikupljanje podataka. Pomoću njih se određuje količina gnojiva, zaštitnog sredstva ili sjemena za primjenu u budućim radovima.

9.1.1. DSSAT

Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) je skup računalnih programa za simulaciju (procjenu) metoda uzgoja nekog usjeva. Razvio ga je međunarodni tim znanstvenika u svrhu simulacije (procjene) proizvodnje, upotrebe resursa/inputa i rizika povezanih s različitim načinima uzgoja usjeva. DSSAT se sastoji od modela za simulaciju usjeva (više od 42), baza podataka za vremenske prilike, tlo i usjev te integriranih programa za procjenu načina uzgoja usjeva. Modeli za simulaciju usjeva simuliraju rast, razvoj i urod kao funkciju dinamike biljaka i tla. U DSSAT je potrebno unijeti parametre koji se odnose na stanje tla, vremenske prilike, sve postupke upravljanja kao što su upotreba gnojiva i navodnjavanje, te karakteristike uzgoja usjeva. Za mnoge uobičajene usjeve već postoje vrijednosti nekih čimbenika.

9.2. Izrada karata aplikacije

Karte aplikacije za obavljanje poslova na parceli se obično izrađuju u skladu s nekom vrstom sustava potpore odlučivanja.

Iz karte uroda se točno vidi koliki je urod na nekom dijelu parcele, iz čega se može zaključiti koliki je potencijal uroda i koliko je odstupanje od optimuma. Analizom se mogu ustanoviti razlozi radi kojih na nekim dijelovima parcele nije postignut optimalni urod. Ovi podaci također mogu poslužiti za izradu karte gnojidbe, (ako se koristi metoda vraćanja iznijetih hraniva iz tla), karte korova, karte pojedinih hraniva (N, P, K, B itd.), karte teksture tla, odnosno mogu se izraditi karte svih mjerljivih svojstava koje će služiti za donošenje odluka za primjenu odgovarajuće agrotehnike.

Karte su obično u rasterskom obliku te su podijeljene u ćelije s odgovarajućim geografskim koordinatama. Pri tome svaka ćelija ima određenu aplikacijsku vrijednost.

Npr., doza fosfora (P) izračunata je računalnim programom za svaku površinu, a s ciljem ispravke deficijencije ovog hranjiva i osiguranjem nužnih potreba usjeva. Ulazni podaci uključuju tip tla, rezultate laboratorijske analize opskrbljenosti tla hranjivima i potencijalne urode temeljene na prethodnim urodima. Računalo određuje ispravnu aplikacijsku aktivnost (vrijednost) za svaki „mali“ dio parcele temeljen na slojevitim podacima Geografskog Informacijskog Sustava i računalnih simulacija. Vrednovanje modela rasta usjeva izvodi se s različitim strategijama uzgoja usjeva i klimatskih prilika u svakom pojedinom dijelu parcele. Strategija s maksimalnim efektom i prihvatljivim rizikom, koristi se za izradu aplikacijske karte poslova na parceli.

10. Zaključak

Primjena novih tehnologija ključan je čimbenik unapriđenja proizvodnje u svim djelatnostima pa tako i u poljoprivrednoj. Tehnologija uz upotrebu točnih i na vrijeme prikupljenih informacija omogućuje bolje upravljanje (racionalizaciju) poljoprivrednom proizvodnjom, tj. uzgojem ratarskih usjeva. Na tome se bazira tzv. precizna poljoprivreda. Jedan od osnovnih načina dobivanja informacija za provođenje precizne poljoprivrede u ratarstvu su sustavi za mjerenje i kartiranje uroda. Ti sustavi omogućuju prikupljanje i prikaz podataka o prostornoj varijabilnosti uroda nekog usjeva unutar parcele. Praćenjem prostorne varijabilnosti uroda usjeva od zadnjih nekoliko (3-5) godina mogu se odrediti dijelovi parcele s potencijalno visokim i niskim urodom. Potrebno je uspoređivati karte uroda od nekoliko godina kako uzroci varijabilnosti ne bi bili samo pod utjecajem vremenskih prilika. Na osnovu podataka o varijabilnosti uroda poljoprivrednik može napraviti analize i plan upravljanja parcelom da bi otklonio ili bar umanjio utjecaje ograničavajućih čimbenika na urod. Korištenjem programa za upravljanje prostornim podacima (GIS), druge varijable kao što su podaci o uzorkovanju tla, karte tipa tla i druge poznate osobine tla mogu biti kartirane i korištene za usporedbu s kartama uroda dobivenim tijekom sezone žetve. Korištenjem ove prakse, poljoprivrednici mogu prepoznati koji temeljni čimbenici mogu biti odgovorni za viši ili niži urod na određenim područjima na parceli i koristiti te rezultate u planiranju sljedeće proizvodne sezone (za nadolazeći usjev). To podrazumijeva određivanje potrebnih ulaznih veličina (načini obrade tla, sortiment, količina gnojiva, kalcifikacija, navodnjavanje, zaštita) ovisno o potrebama na određenom dijelu parcele. U većini slučajeva to rezultira smanjenjem troškova zbog smanjenja potrebne količine inputa/ulaznih sredstava, smanjenje korištenja strojeva/ mehanizacije i opreme te vremena. Čak je moguće postizanje većih uroda uz povećanje kvalitete proizvoda i na kraju zbog svega većim profitom. Osim ekonomskih čimbenika, veliki je utjecaj na zaštitu okoliša kroz smanjenje zagađenja tla i vode.

11. Literatura

1. Auernhammer H., Schueller K. J. (1998). Precision Farming. CIGR Handbook of Agricultural Engineering ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, vol. 3, 589-616.
2. Casady W., Pfost D., Ellis C., Shannon K. (1998). Precision Agriculture: Yield Monitors, University of Missouri Extension, WQ 451, http://extension.missouri.edu/p/wq451
3. Davis G., Casady W., Massey R. (1998). Precision Agriculture: An Introduction, University of Missouri Extension, WQ 450, http://extension.missouri.edu/p/WQ450
4. Ehlert D. (2000). Measuring Mass Flow by Bounce Plate for Yield Mapping of Potatoes. Precision Agriculture, 2, 119-130.
5. Gavrić M., Martinov M. (2006). Postupci i tačnost primene GPS-a u poljoprivredi, Savremena poljoprivredna tehnika, Cont. Agr. Engng., Novi Sad, Vol. 32, No. 1-2, p. 1-131.
6. Gavrić, M., Sekulić (2004). Primjena GIS-a i GPS-a u poljoprivredi. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtlarstvo, Novi Sad, (40), 171-178.
7. Grisso R. B., Alley M., Heatwole C., (2009a). Precision Farming Tools: Global Positioning System (GPS). Virginia Cooperative Extension. Publication 442-503.
8. Grisso R., Alley M., McClellan P., (2009b). Precision Farming Tools: Yield Monitor. Virginia Cooperative Extension. Publication 442-502.
9. Grisso R., Alley M., Phillips S., McClellan P., (2009c). Interpreting Yield Maps – „I gotta a yield map, now what?“. Virginia Cooperative Extension. Publication 442-509
10. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009). Geoinformacijski sustavi - GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
11. Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., Barač, Ž. (2015). Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede. Poljoprivredni institut, Osijek.
12. Kormann G., Demmel M., Auernhammer H. (1998). Testing Stand for Yield Measurement Systems in Combine Harvesters. Institut für Landtechnik, Technische Universität, München.
13. Lotz, L. (1997). Yield Monitors and Maps: Making Decisions. Ohio State University. Fact Sheet AEX-550-97, http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0550.html
14. Luck J. D., Fulton J. P. (2004). Precision Agriculture, Best Managment Practices for Collecting Accurate Yield Dana and Avoiding Errors During Harvest. University of Nebraska, Lincoln.
15. Martinov, M., (2008). Primjena GPS pozicioniranja za navođenje i uklapanje prohoda u poljoprivredi Vojvodine. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
16. Milinović M., (2015). Automatsko vođenje i upravljanje poljoprivrednim strojevima i uređajima – Farmnavigator. Diplomski rad. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
17. Myers, A. (1994). Method and Apparatus for Measuring Gran Mass Flow Rate in Harvesters. Espacenet Patent Search.
18. Pahernik M., (2006). Uvod u geografsko informacijske sustave. MORH, Glavni stožer Oružanih snaga RH, Zapovjedništvo za združenu izobrazbu i obuku "Petar Zrinski", Zagreb.
19. Rajković, I. (2013). Primjena geoinformacijskih sustava i precizne poljoprivrede pri zaštiti bilja. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek.

20. Risius N. W. (2014). Analysis of combine grain yield monitoring system. Graduate Theses and Dissertations. Iowa State Universety. Ames. Iowa.
21. Shearer, S.A., Fulton, J.P., McNeill, S.G., Higgins, S.F., Mueller, T.G. (1999). Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation. Kentucky Cooperative Extension Service. University of Kentucky. Lexington, http://www.bae.uky.edu/~precag/PrecisionAg/Exten_pubs/pa1.pdf
22. Tutić, D., Vučetić, N., Lapaine, M. (2006). Uvod u GIS. Priručnik, Zagreb.
23. Walter J. D., Hofman V. L., Backer L. F. (1995). Site-Specific Sugarbeet Yield Monitoring. State University North Dakota. Department of Agricultural Engineering. Sugarbeet Research and Extension Reports, Volume 26, pages 235-242.
24. Yap Y. K., Sudhanshu S. J., Azimi Y. (2011). Combine harvester instrumentation system for use in precision agriculture. Instrumentation Science and Technology, 39:4, 374-393, http://dx.doi.org/10.1080/10739149.2011.585195
25. Zimmer R., Banaj Đ., Brkić D., Košutić S. (1997). Mehanizacija u ratarstvu. Udžbenik. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
26. Zimmer R., Košutić S., Zimmer D. (2009). Poljoprivredna tehnika u ratarstvu. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet, Osijek.

Web:

1. http://grapak.hr/prodajni_program/poljoprivredna_mehanizacija/grimme/strojevi_za_berbu_krumpira_kombajni/samohodni_kombajni_za_krumpir/
2. http://www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske
3. http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.WWOPWowgWUk
4. http://www.martinsullivan.com/john-deere-pre-owned-equipment/635d-draper-platform-detail.html
5. http://www.oikon.hr/Portals/0/nastava/UVOD%20U%20GIS.pdf
6. http://www.poljoberza.net/AutorskiTekstoviJedan.aspx?ime=AR00308_1.htm&autor=12
7. http://www.precisionag.com/systems-management/data/yield-monitor-tips-new-technologies
8. https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19961001&DB=&locale=en_EP&CC=US&NR=5561250A&KC=A&ND=2
9. https://www.deere.co.uk/en_GB/products/equipment/agricultural_management_solutions/displays_and_receivers/starfire_3000_receiver/starfire_3000_receiver.page
10. https://www.deere.com/en_US/corporate/our_company/news_and_media/press_releases/2016/agriculture/2016aug30-608FC.page

Životopis

Ivan Krušelj je rođen 20. 05. 1992. godine u Zagrebu i od rođenja do danas živi u gradu Zlataru u Krapinsko-zagorskoj županiji. Od 1999. do 2007. godine pohađao je i završio Osnovnu školu Ante Kovačića u Zlataru, a nakon toga od 2007. do 2011. godine. Opću gimnaziju Antuna Gustava Matoša u Zaboku. Akademske godine 2011./2012. upisao je preddiplomski studij usmjerenje Poljoprivredna tehnika na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. 2014. godine je završio preddiplomski studij sa završnim radom na temu „Strojevi za pripremu i raspodjelu hrane u tovu junadi“ pod mentorstvom prof. dr. sc. Dubravka Filipovića. Iste godine je upisao diplomski studij usmjerenje Mehanizacija na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.