

# Primjena informacijsko komunikacijske tehnologije u poljoprivrednim djelatnostima

---

Ištvanović, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:849782>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Luka Ištvanović

PRIMJENA INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKE  
TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNIM DJELATNOSTIMA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 21. lipnja 2023.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Projektiranje informacijsko komunikacijskih usluga**

**DIPLOMSKI ZADATAK br. 7237**

Pristupnik: **Luka Ištvanović (0135251661)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Primjena informacijsko komunikacijske tehnologije u poljoprivrednim djelatnostima**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati mogućnosti primjene informacijsko komunikacijske tehnologija u poljoprivrednim djelatnostima. Opisati primjenu robota na farmama krava te tehnologije koje se koriste. Prikazati dostupne GPS bazirane pametne uređaje u proizvodnji hrane. Načini primjene senzorskih tehnologija u procesu sušenja žitarica. Senzori, održavanje i IoT tehnologija u suvremenim poljoprivrednim vozilima.. Prethodno navedeno prikazati realnim primjerima.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

prof. dr. sc. Dragan Peraković

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

PRIMJENA INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKE  
TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNIM DJELATNOSTIMA

APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION  
TECHNOLOGY IN AGRICULTURAL ACTIVITIES

Mentor:

prof. dr. sc. Dragan Peraković

Student:

univ. bacc. ing. traff. Luka Ištvanović

JMBAG: 0135251661

Zagreb, rujan 2023.

# PRIMJENA INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNIM DJELATNOSTIMA

## SAŽETAK

Ovaj diplomski rad opisuje primjenu informacijsko komunikacijske tehnologije u poljoprivredi. Navedena je IoT tehnologija, primjena IoT u poljoprivredi te način povezivanja preko LoRaWAN tehnologije. Navedena je informacijsko komunikacijska tehnologija u prepoznavanju muznih krava na farmama i automatski muzni sustav, odnosno primjena robota za mužnju. U ratarskoj proizvodnji navedena je primjena GPS uređaja, koje se informacije mogu dobiti primjenom GPS, kao i proces sušenja. U operaciji žetve žitarica, koriste se moderni kombajni koji imaju više vrsta senzora, te je navedeno koji su to senzori i koja im je funkcija i prednosti koje se dobivaju upotrebom tih senzora. Cilj rada je prikazati koji se senzori koriste najviše u stočarskom i ratarskom dijelu poljoprivrede te koja je njihova funkcija te kako IoT tehnologija pomaže u poljoprivrednom sektoru.

KLJUČNE RIJEČI: IoT, LoRaWAN, roboti, senzori, GPS

# APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY IN AGRICULTURAL ACTIVITIES

## SUMMARY

This graduation thesis describes the application of Information and Communication Technology in agriculture. IoT Technology, the application of IoT in agriculture and the method of connection via LoRaWAN Technology are mentioned. Information and Communication Technology in the recognition of dairy cows on farms and the automatic milking system, i.e. the application of milking robots, are mentioned. In agricultural production, the use of GPS devices is specified which information can be obtained by using GPS, as well as the process of drying. In the operation of grain harvesting, modern combines are used that have several types of sensors, and it is stated which sensors they are and what their function is and the advantages obtained from the use of these sensors. The main part of the graduation thesis is to show which sensors are used the most in livestock and arable agriculture and what their function is and how IoT technology helps in the agricultural sector.

**KEY WORDS:** IoT, LoRaWAN, robots, sensors, GPS

## Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>2. IoT tehnologija</b> .....	4
<b>2.1. IoT tehnologija u poljoprivredi</b> .....	6
<b>2.2. LoRaWAN kao način umrežavanja IoT-a u poljoprivredi</b> .....	8
<b>3. Informacijsko komunikacijska tehnologija na farmama</b> .....	11
<b>3.1. Senzori</b> .....	12
<b>3.2. Kamere</b> .....	13
<b>3.3. Infracrvena termografija</b> .....	14
<b>3.4. Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija</b> .....	15
<b>3.5. Informacijsko komunikacijska tehnologija u proizvodnji mlijeka</b> .....	16
<b>3.5.1. Automatski muzni sustavi (AMS)</b> .....	16
<b>3.5.2. Automatski muzni sustav tipa rotolaktor (AMR)</b> .....	17
<b>4. GPS uređaji u proizvodnji hrane</b> .....	18
<b>4.1. Navigacijski uređaj Farmnavigator G7</b> .....	18
<b>4.2. Navigacijski uređaj AG Leader</b> .....	20
<b>4.3. Navigacijski uređaj Trimble CFX-750</b> .....	22
<b>5. Senzorska tehnologija u procesu sušenja žitarica</b> .....	25
<b>6. Senzorska tehnologija u poljoprivrednom vozilu</b> .....	29
<b>6.1. Mjerenje gubitka zrna</b> .....	29
<b>6.2. Mjerenje broja okretaja</b> .....	30
<b>6.3. Senzor prinosa zrna</b> .....	31
<b>6.3.1. Sustav mjerenja obujma</b> .....	32
<b>6.3.2. Sustav mjerenja snage ili impulsa</b> .....	33

<b>6.4. Senzor vlage.....</b>	<b>33</b>
<b>6.5. Senzor širine žitnog adaptera .....</b>	<b>34</b>
<b>7. Zaključak.....</b>	<b>37</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>39</b>
<b>Popis slika.....</b>	<b>44</b>
<b>Popis kratica.....</b>	<b>45</b>



## 1. Uvod

Poljoprivreda kao djelatnost ima mnogo svojih grana, u radu se od grana poljoprivrede spominje ratarstvo i stočarstvo. Još od nastanka ljudi, ljudi se bave poljoprivrednom djelatnošću u vidu sađenja određenih biljaka i uzimanja njihovih proizvoda. Kako se informacijsko komunikacijska tehnologija krenula razvijati sve više tako je počela i ulaziti u sfere poljoprivrednih djelatnosti. Korištenjem tehnologije unutar poljoprivrednih djelatnosti nastoji se ljudima olakšati rad na samim farmama ili poljoprivrednom zemljištu. Budući da je poljoprivreda jedna od djelatnosti koja ovisi o nizu čimbenika bilo da se radi o genetici kod životinja, sjemenskim žitaricama, ili gnojivu i pesticidima za zaštitu biljaka, a ponajviše ovi o vremenskim uvjetima. Kako bi čovjek mogao utjecati na nabrojane čimbenike osim vremenskih uvjeta koriste se određene tehnologije u cilju da se iz svake djelatnosti izvuče maksimalna dobit koja je moguća u tom trenutku.

Budući da se sve svodi na to kako bi si čovjek olakšao posao, u proizvodnji ratarskih kultura čovjek si je olakšao korištenjem modernih poljoprivrednih strojeva u vidu novih traktora, njegovih priključaka koji imaju mogućnost računalnog nadzora iz samog traktora, senzora koji se nalaze na samim priključcima te kontroliraju svaki pojedini proces pa sve do kombajna za žetvu žitarica koji automatski mogu mjeriti razinu vlage žitarice. Također uz strojeve koji pomažu u ratarskom djelu, u stočarskom dijelu postoji robot za mužnju krava koji obavlja taj posao umjesto samog čovjeka, dok je zadatak ljudi samo nadzor stroja ili kasnija kontrola da li je sve dobro odrađeno.

Budući da se pojam IoT (eng. *Internet of Things*) odnosi na mrežu povezanih uređaja čija je funkcija razmjena podataka koji su prikupljeni pomoću senzora koji su ugrađeni unutar strojeva ili se nalaze na životinjama. Cilj ovog diplomskog rada je prikazati koji se sve senzori odnosno tehnologija koristi u stočarskom dijelu kod mužnje krava, kako funkcionira robot za mužnju krava. Kod obrade poljoprivrednih površina cilj je prikazati na koji način GPS sustavi pomažu u obradi i sjetvi žitarica te u procesu sušenja žitarica. Kako senzori pomažu u procesu žetve te koji senzori se koriste.

Diplomski rad sastoji se od 7 poglavlja:

1. Uvod
2. IoT tehnologija
3. Informacijsko komunikacijska tehnologija na farmama
4. GPS uređaji u proizvodnji hrane
5. Senzorska tehnologija u procesu sušenja i skladištenja hrane
6. Senzorska tehnologija u poljoprivrednim vozilima
7. Zaključak

U uvodnom dijelu rada opisana je struktura diplomskog rada te koji je cilj pisanja ovog rada.

Drugi dio rada odnosi se na IoT tehnologiju gdje navedena IoT arhitektura, zatim primjena IoT tehnologije u poljoprivredi te koje su prednosti ali i izazovi u korištenju IoT-a. U daljnjem dijelu poglavlja objašnjena je LoRaWAN (eng. *Long Range Wide Area Network*) tehnologija kao način umrežavanja IoT uređaja u poljoprivredi.

U trećem dijelu koji nosi naslov „Informacijsko komunikacijska tehnologija na farmama“ opisano je koje se tehnologije koriste na farmama muznih krava i način rada svake od tehnologija te kako to pomaže u samom radu. U daljnjem dijelu tog poglavlja opisani su također i automatski muzni sustavi odnosno primjena robota u mužnji krava te njegova prednost, način rada te koje vrste automatskih muznih sustava postoje.

Četvrto poglavlje govori o GPS (eng. *Global Positioning System*) uređajima u procesu proizvodnje hrane. Način na koji GPS pomaže u vođenju vozila po poljoprivrednoj površini, kako taj način rada funkcionira te koje su prednosti korištenja GPS uređaja u tom procesu.

Peti dio rada govori o procesu sušenja žitarica protočnom sušarom. Objašnjen je princip rada protočne sušare, koja se tehnologija koristi te koji su senzori prisutni u sušari te koja je njihova funkcija. Također naveden je sklop za proces automatizacije.

Šesto poglavlje kojem je naslov „Senzorska tehnologija u poljoprivrednom vozilu“ opisuje rad kombajna kao poljoprivrednog vozila u procesu žetve poljoprivrednih kultura. U ovom poglavlju spomenuti su senzori koji daju osobi koja upravlja vozilom informacije koje su mu potrebne u tom trenutku i olakšavao cijeli proces žetve.

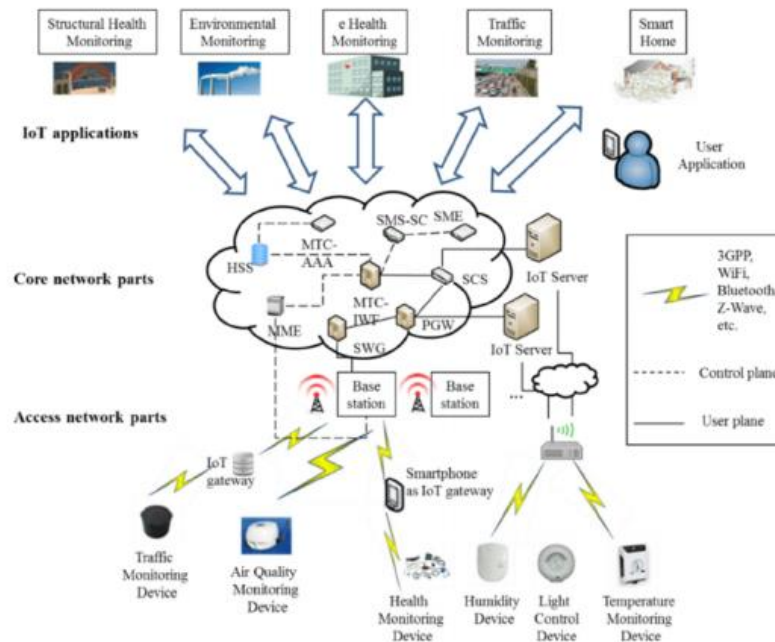
Sedmo poglavlje koje nosi naziv Zaključak, u tom dijelu su sintetizirane sve informacije koje su prikupljene i obrađene u izradi ovog rada.

Na kraju rada, nalazi se Literatura gdje su navedeni svi izvori koji su se koristili prilikom izrade rada kao i popis slika i tablica.

## 2. IoT tehnologija

Pojam IoT odnosno koncept predstavlja mrežu povezanih uređaja čija je funkcija razmjena podataka sa ostalim uređajima koji imaju pristup mreži. Internet stvari pružaju povezanost i komunikaciju između transportnih entiteta, transportiranih entiteta i proizvodnih entiteta u konceptu Industrije 4.0. Industrija 4.0 kombinira inovativne informacijske i komunikacijske tehnologije s internetom i fizičkim sustavima, omogućavajući napredne bežične komunikacije i usluge IoT-a. IoT koncept odnosi se na korištenje povezanih uređaja i sustava za iskorištavanje podataka prikupljenih pomoću senzora koji su ugrađeni u strojeve. Sastavni dijelovi mreže IoT-a su: fizički dijelovi, senzori te sam Internet koji omogućuje međusobnu komunikaciju i razmjenu podataka, [1], [2], [3].

Kako bi IoT tehnologija bila što razumljivija slika 1. prikazuje opći prikaz arhitekture IoT koncepta. Sa slike je vidljivo kako se IoT arhitektura sastoji od: korisničkog, pristupnog i jezgrenog, [4].



Slika 1. Opći prikaz arhitekture IoT, [4]

Korisnički dio mreže predstavlja dio mreže gdje spadaju svi terminalni uređaji, senzori i aplikacije koje korisnik koristi. Slika 1. prikazuje mrežne elemente koji se nalaze unutar korisničkog dijela a to su: senzori (primjerice senzor topline, senzor vlage, senzor pokreta), uređaji i aplikacije, [4].

Pristupni dio mreže predstavlja poveznicu između korisničkog i jezgrenog dijela, te dio koji je spojen na korisničke uređaje. U pristupnom dijelu mreže nalaze se komunikacijske tehnologije (npr. LPWAN, RFID). Glavna funkcija pristupnog dijela mreže je da prikupi podatke sa senzora i distribuira ih u jezgrenom, [4].

Jezgreni dio mreže predstavlja središnji dio komunikacijske mreže te omogućuje prijenos i usmjeravanje informacija između 2 rubna dijela. Jezgreni dio unutar IoT arhitekture čini oblak (eng. *Cloud*), kao posrednik u komunikaciji, mora omogućiti razmjenu poruka između korisnika i stvari, pohraniti i obraditi dobivene poruke, te također mora biti stalno dostupan kako bi mogao omogućiti razmjenu informacija, [4].

Budući da se IoT tehnologija razvija velikom brzinom u svim područjima i sferama života, to podrazumijeva i broje prednosti i nedostatke po korisnike koji koriste tu tehnologiju, [5].

Neke od najznačajnijih prednosti korištenja IoT tehnologije odnose se na [5]:

- Komunikaciju između uređaja na temelju povezanosti fizičkih uređaja
- Automatizaciju i upravljanje odnosno bez ljudskog faktora strojevi su automatizirani, odnosno kontroliraju i obrađuju podatke i
- Ušteda vremena i smanjenje troškova, budući da se koriste senzore za praćenje raznih aktivnosti.

Kao i svaka tehnologija koja donosi neke pozitivne strane, također postoje i nedostaci. Neki od glavnih nedostataka u primjeni IoT tehnologije očituju se u [5]:

- Složenosti mreže i

- Privatnost i sigurnost odnosno potencijalna opasnost od neovlaštenog upada u privatne podatke.

## 2.1. IoT tehnologija u poljoprivredi

Potencijalna primjena IoT tehnologije u poljoprivredi je iznimno velika. Sam razvoj IoT općenito kao i u poljoprivrednom sektoru omogućuje kontinuirano prikupljanje i obradu podataka, koji dovode do povećanje kvalitete proizvoda ali i smanjenja troškova, [6].

Ključne prednosti koje dovode do poboljšanja poljoprivredne proizvodnje primjenom IoT tehnologije su sljedeće [6]:

- Upravljanje navodnjavanjem pomoću IoT senzora koje rezultira nepotrebnim rasipanjem vode
- Stalni nadzor koji dovodi do pravovremen reakcije i praćenje usjeva
- Povećanje produktivnosti na farmama, odnosno primjena IoT-a čini poljoprivredu učinkovitijom
- Lakše povezivanje sa globalnim tržištem i
- Smanjenje fizičkog rada.

Kako je već navedeno da je potencijal primjene IoT tehnologije velik, tako se događaju i određeni izazovi odnosno poboljšanja koja bi olakšala uporabu IoT tehnologije u poljoprivredi. Prema izvoru 6. neki od glavnih izazova u primjeni IoT tehnologije u poljoprivredi su [7]:

- Izvori energije odnosno potrebno je razvijati različite vrste izvora energije za napajanje IoT uređaja koji se primjenjuju u poljoprivredi budući da su uređaji koji se koriste često na mjestima gdje nema pristupa električnom napajanju pa je potrebno imati vrstu napajanja koja će biti pouzdana ali i ne preskupa
- Jednostavno održavanje IoT sustava kako bi i korisnici mogao što više odraditi sam bez osoblja koji su zaduženi za tehničku podršku i

- Prenosivost sustava odnosno omogućiti korisniku da može neke IoT dijelove seliti na više lokacija i koristiti za više kultura.

Kako se poljoprivreda sve više razvija tako dolazi do potrebe za pametnom poljoprivredom. Pojam pametna poljoprivreda odnosi se na primjenu ICT tehnologije (eng. *Information and Communication Technologies*) te često taj termin nosi i naziv Poljoprivreda 4.0 [8].

Kako se razvija pojam pametne poljoprivrede tako je i taj pojam povezan sa novih tehnološkim rješenjima. Budući da za primjenu IoT tehnologiju postoje razna tehnološka rješenja, njih možemo kategorizirati u 3 skupine [9]:

1. Upravljanje informacijskim sustavima
2. Precizna poljoprivreda i
3. Poljoprivredna automatizacija i robotika.

Informacijski sustavi upravljanja su sustavi za prikupljanje, obradu, pohranjivanje i distribuciju podataka u onom obliku koji je potreban za rad na farmi. Primjeri informacijskih sustava koji se koriste na farmama mogu biti bespilotne letjelice, *Farm Management System*, sustav za nadzor tla i precizno stočarstvo, [9].

Bespilotne letjelice u kombinaciji sa IoT tehnologijom mogu biti od velike koristi za poljoprivrednike u vidu preciznog praćenja sustava, za identifikaciju dijelova površina koje zahtijevaju poboljšanja ili određene radove. *Farm Management System* predstavlja sustav koji upravlja farmom i omogućuje poljoprivrednicima prikupljanje i analizu informacija, uključujući i financijske podatke kao i provođenje određenih zadataka odlučivanja uz što manji rizik u pogledu vremenskih i drugih nepredviđenih događaja. Precizno stočarstvo uključuje primjenu bežične IoT tehnologije i aplikacije koje stočarskom dijelu pomaže pri praćenju životinja i farme. Precizno stočarstvo predstavlja informacijsko komunikacijsku tehnologiju te njihovu primjenu na farmama, [9].

Dio o pojmu preciznog stočarstva kao i dio poljoprivredne automatizacije i robotike odnosno njegove primjene nalazi se u poglavlju 3 koji nosi naslov „Informacijsko komunikacijska tehnologija na farmama“. Razvoj robotike ukazala se prilika za razvoj naprednih sustava i tehnologija i u poljoprivrednome sektoru. Primjena robotike može se vidjeti napredak u sigurnosti obavljanja određenih operacija, povećava se preciznost, povećava se dostupnost pravovremenih informacija. Jedan od primjera robotike koji je naveden u navedenom trećem poglavlju je robotska ruka koja predstavlja automatski muzni sustav, [9].

Pojam precizna poljoprivreda podrazumijeva pravovremeno obavljanje poljoprivrednih radova, visoku razinu produktivnost sa smanjenim brojem operacijskih aktivnosti te najnižu cijenu rada. Razvoj precizne poljoprivrede započeo je uvođenjem GPS tehnologije u poljoprivrednoj mehanizaciji, a glavni cilj bio je dati korisniku na raspolaganje što veći broj preciznih informacija prilikom donošenja određenih odluka i određivanja pojedinih poslova. Detaljniji opis o uvođenju GPS tehnologije, te njezinoj funkcionalnosti kao i primjera određenih navigacijskih uređaja za poljoprivredne djelatnosti nalazi se u poglavlju 4 koji nosi naslo „GPS uređaji u proizvodnji hrane“, [9].

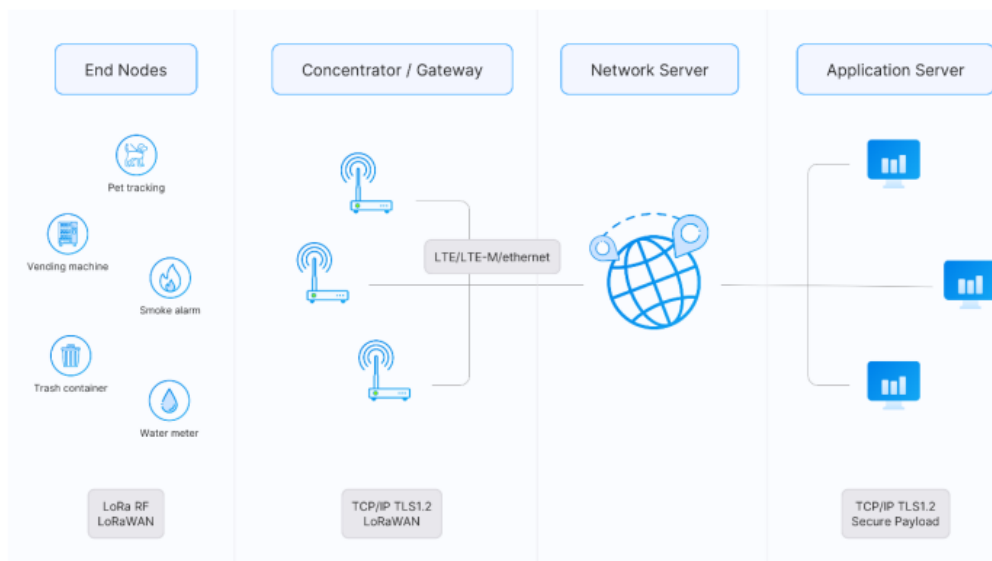
## **2.2. LoRaWAN kao način umrežavanja IoT-a u poljoprivredi**

LoRaWAN predstavlja mrežu širokog područja i velikog dometa koja je razvijena u svrhu bežičnih uređaja koji se napajaju putem baterija te prenosili podatke na velikim udaljenostima. Glavni razlog primjene LoRaWAN senzorskih uređaja je dužina trajanja baterije više od 10 godina, relativno niska cijena, veliki domet i jednostavna implementacija. Informacije koje prikupljaju senzori šalju se u oblak preko privatnih ili javnih mreža te na taj način korisnici ove tehnologije imaju jednostavan pristup tim informacijama, [10].

LoRaWAN mreža koristi topologiju zvijezde jer na taj način pruža očuvanje baterije, odnosno omogućuje joj duže trajanje. Slika 2. prikazuje arhitekturu LoRaWAN mreže, te je vidljivo kako se arhitektura sastoji od krajnjih uređaja, pristupnika, mrežnog poslužitelja i aplikacijskog poslužitelja. Krajnji uređaji u predstavljaju senzore koji prikupljaju podatke, u poglavlju 3 vidljivo je koji senzori se koriste na farmama muznih krava, a LoRaWAN omogućuje



korisniku da dobije podatke koje senzori prikupljaju. Pristupnici predstavljaju antene koje su unutar dometa određenih senzora te primaju podatke sa svih krajnjih uređaja koji se nalaze unutar njegove domene te ih šalje do mrežnog poslužitelja koji preusmjerava dobivene podatke prema aplikacijskom poslužitelju. Aplikacijski služitelj služi za upravljanje i obradu podataka, također sadrži i zaprimljene poruke od krajnjih uređaja i šalje ih na povezane krajnje uređaje putem mrežnog poslužitelja, [10], [11].



Slika 2. Arhitektura LoRaWAN mreže, [11]

LoRaWAN bežični senzori dugog dometa i male snage mogu slati podatke s farme u oblak putem javnih ili privatnih mreža i na taj način poljoprivrednici imaju jednostavan pristup informacijama. Razni senzori koji su postavljeni na području cijene farme prikupljaju podatke te ih šalju na pristupnik koji ih prosljeđuje na oblak gdje se svi podaci analiziraju pomoću određene aplikacije. Nakon obrade podataka aplikacija šalje podatke korisniku preko mobilnog uređaja ili računala, [12].

LoRaWAN senzori imaju različitu mogućnost primjene i funkcionalnosti. Senzori se koriste u meteorološkim stanicama, za određivanje vlage u tlu, za određivanje statusa gnojidbe tla, za navodnjavanje, u plastenicima kao i za praćenje stoke, [13].

Senzori u meteorološkim stanicama prate vremenske prilike i pomažu korisnicima odlučiti kada je primjerice najbolje sijati žitarice, kada je potrebno i koliko navodnjavati usjeve, kada i koliko prskati kulture gnojivima i pesticidima te treba li zaštititi usjeve od mraza. Senzori u meteorološkim stanicama pružaju podatke poput temperature, vlažnosti, atmosferskog tlaka, količine oborina i brzine vjetra, [13].

Senzor za određivanje vlažnosti tla pomaže poljoprivrednicima u donošenju odluka o navodnjavanju. Senzori tvrtke Sensoterra mjere razinu vlage u zoni korijena kako bi osigurali optimalno navodnjavanje usjeva te su kompatibilni sa svim vrstama tla. Glavna odlika osim kompatibilnosti senzora je i fleksibilnost odnosno senzori se mogu lako premještati po terenu na temelju potreba za navodnjavanjem određenih poljoprivrednih površina, [13].

Senzor za određivanje gnojidbe tla omogućuje poljoprivrednicima prikupljanje i pristup podacima o samoj kvaliteti tla. Senzori ovakve vrste su jednostavni za implementaciju i nakon postavljanja u tlo šalju podatke i upozorenja u stvarnom vremenu. Pomoću ovih informacija poljoprivrednici mogu dobiti uvid na kojim je područjima potrebna veća količina gnojidbe odnosno gdje potrebno minimalizirati jer se tamo već nalazi odgovarajuća razina, [13].

Senzori za navodnjavanje omogućuju poljoprivrednicima izbjegavanje navodnjavanje u krivom vremenu odnosno prekasno ili prerano i na taj način se smanjuje vrijeme i ljudska aktivnost odnosno proces uključivanja i isključivanja opreme za navodnjavanje, [13].

Senzori koji se nalaze u plastenicima mogu odrediti na odgovarajućim pozicijama sastav tla u svim dijelovima staklenika. Senzori koji se nalaze u plastenicima prikupljaju informacije o navodnjavanju, gnojidbi, vlažnosti, temperaturi zraka i razini CO<sub>2</sub>, [13].

Senzori koji se koriste za praćenje kretanja i zdravlja stoke se postavljaju na životinje kako bi se pratilo njihovo ponašanje. Senzori šalju informacije korisnicima te u slučaju bilo kakve promjene ponašanja kod krave u odnosu na uobičajeno upozorava se korisnik, [13]. Detaljni uvid u korištenje senzora i ostalih tehnologija koje se koriste za zdravlje krava nalazi se u poglavlju 3 koji nosi naslov „Informacijsko komunikacijska tehnologija na farmama“.

### 3. Informacijsko komunikacijska tehnologija na farmama

Pojam informacijsko komunikacijske tehnologije uključuje primjenu različitih uređaja, alata ili aplikacija koje dopuštaju prikupljanje i/ili razmjenu podataka. Sam razvoj informacijskih i komunikacijskih tehnologija dovodi do učinkovitih logističkih i proizvodnih procesa kroz implementaciju koncepta Industrije 4.0. Industrija 4.0 podrazumijeva uključivanje suvremenih tehnologija za procese automatizacije i razmjenu podataka u stvarnom vremenu u proizvodnim organizacijama. U tu svrhu važno je uspostaviti sve elemente ekosustava s ciljem dostavljanja točnih informacija u stvarnom vremenu krajnjim korisnicima, [14], [15].

Izvor [16] navodi kako u poljoprivredni primjenom tehnoloških inovacija odnosno primjenom informacijsko komunikacijske tehnologije potiče se razvoj precizne stočarske proizvodnje. Prema izvoru [17] pojam precizno stočarstvo može se objasniti kao korištenje tehnologije za mjerenje fizioloških i proizvodnih pokazatelja životinja kao i mjerenje bio signala. Metode koje se koriste u preciznoj stočarskoj proizvodnji uključuju proces kontinuiranog mjerenja i praćenja životinjskih znakova ili odgovora odnosno njihovih bio signala i prikupljanje podataka u svrhu pravilnog upravljanja proizvodnjom, [18].

Izvor [16] navodi u svom radu kako primjena različitih senzora, slika, zvukova i pokreta u kombinaciji sa algoritmima mogu služiti za praćenje dobrobiti životinja, za praćenje njihove produktivnosti i imati mogućnost pružanja upozorenja na dobrobit životinja. Također sama informacijsko komunikacijska tehnologija može biti od iznimno velike koristi jer nudi priliku za poboljšanje i povećanje same učinkovitosti proizvodnje ali i veću sigurnost u procesu proizvodnje navodi izvor, [16].

U posljednjih nekoliko godina došlo je do velikog digitalnog napretka a time je došlo i do povećanja automatizacije, primjenjuju se softverske tehnologije koje uključuju mjerenja konzumacije hrane kod životinja, ležanje kao i stajanje. Prema izvoru [19] da bi današnje najnovije informacijsko komunikacijske tehnologije imale svrhu poboljšanja same strategije upravljanje farmama potrebno je razviti tehnologije koje će [19]:

- biti što bolje prilagođene životinjama, odnosno uzrokovat će što manji intenzitet stresa

- utjecat će na povećanje proizvodnje
- omogućiti lakši uvid u potrebne informacije i podatke o svakoj životinji i
- služiti će za rano otkrivanje bolesti te u tom smislu smanjiti prekomjernu uporabu lijekova te omogućiti djelovanje na vrijeme.

### 3.1.Senzori

Senzori su uređaji koji detektiraju i reagiraju na određene podražaje iz prirode odnosno iz okoline u kojoj se nalaze. Zadatak senzora je izmjeriti veličinu iz okoline u kojoj se nalazi pomoću signala. Ti signali mogu biti toplina, vlaga, svjetlost, kretanje, pritisak i slične pojave koje predstavljaju ulazni signal. Izlazni signal predstavlja čitljiv podatak na zaslonu koji je razumljiv čovjeku. Senzori podatke koji prikupljaju mogu pohraniti na nekim vanjskim dijelovima ili ih šalju odmah na glavni dio gdje se ti podaci obrađuju određenim algoritmima. Algoritam predstavlja formulu ili skup unaprijed definiranih naredbi za obavljanje nekog zadatka i rješavanje zadanih problema. Svaki algoritam daje instrukcije računalu koje korake je potrebno poduzeti za rješavanje određenog problema. Sama vrijednost algoritma ovisi o sposobnosti algoritma da prenese podatke senzora ili neke „značajne varijable“ u ciljane varijable. Sam primjer značajne varijable može predstavljati postotak provedenog vremena u ležećem položaju kod životinje kako bi se lakše utvrdio biološki ishod šepavosti kod životinja. Podaci sa daljinskih senzora (kamere, mikrofoni, termometri) kombiniraju se sa pojedinačnom identifikacijom svake životinje. Nakon toga se ti podaci integriraju u algoritme kako bi se dobili ispravni i realni podaci, te kako bi se dobila pravovremena upozorenja u vezi zdravlja i dobrobiti životinja, [20], [21].

U procesima koji su uključeni u razvoj algoritma u sustavu precizne stočarske proizvodnje u realnom vremenu, potrebno je odraditi pojedine korake gdje se kombiniraju različiti tipovi varijabli kako bi se stvorio algoritam. Proces koji su uključeni u razvoj algoritma uključuju povezivanje podataka, ciljanu varijablu, zlatni standard, značajnu varijablu i korelacijsku vezu između bitnih varijabli. Za primjer ciljane varijable uzeto je praćenje šepavosti kod krava. Ciljana varijabla se odnosi na krajnji cilj algoritma što konkretno na ovom primjeru predstavlja veličinu odnosno stupanj šepavosti krave, dok dodatna varijabla može predstavljati rano upozoravanje na šepavost

te se još naziva i predikcijska varijabla. Isti izvor, također napominje da je potrebno provjeriti, postoji li pouzdani zlatni standard za mjerenje ciljane varijable, te postoji li uopće prihvaćeni način mjerenja. Zlatni standard ili referentna točka može se definirati kao najsuvremenija znanstvena metoda pomoću koje je moguće donijeti zaključak koji se odnosi na krajnji cilj algoritma. Na primjeru šepavosti kod krava, zlatni standard može predstavljati procjenu prilikom koje stručnjak boduje stupanj šepavosti. Međutim glavni problem u određivanju zlatnog standarda je da se ne može lako primijeniti na mjerenja u realnom vremenu jer je nemoguće da stručnjak svakodnevno, odnosno kontinuirano provodi procjenu zdravstvenog stanja krave. U danjem dijelu svog rada izvor [18] napominje kako na velikim farmama nije potrebna svakodnevna procjena već je prihvatljivo kako se ona primjenjuje jednom u tjednu. Također napominju kako bi se krajnji algoritam mogao razviti i automatski prepoznati standardno odstupanje od normalnog hoda potrebno je odrediti referentnu točku. Referentna točka predstavlja trenutak ili događaj u podacima koji ukazuju na neko odstupanje od uobičajenog stanja, [18].

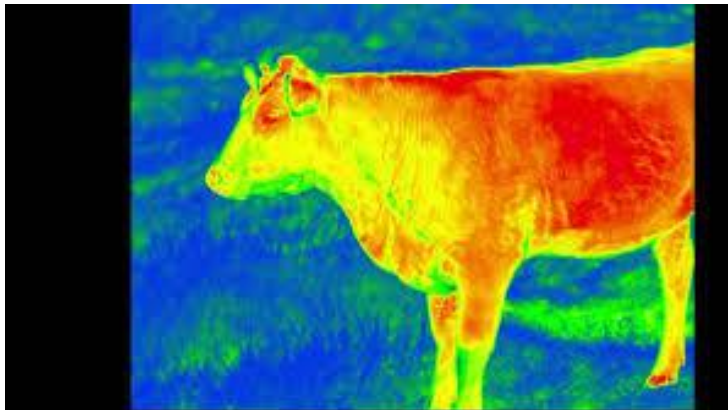
### **3.2. Kamere**

Korištenje kamera postiglo je visoku stopu otkrivanja problema šepavosti kod krava. Glavna prednost korištenja kamere odnosno slikovne analize je što nije potreban fizički kontakt odnosno fizički biti prisutan unutar farme, te smanjenje troškova budući da se sa jednom kamerom može pratiti veća skupina životinja, [18].

Prema izvoru [24] razlikuju se 2 vrste kamera, a to su dvodimenzionalne (2D) i trodimenzionalne (3D) kamere. Primjena dvodimenzionalnih kamera zahtijeva odgovarajuće osvjetljenje i suprotnu pozadinu, odnosno ukoliko se slika bijela životinja, potrebno je imati pozadinu crne boje i slično, odnosno potrebno je stvoriti kontrast. Trodimenzionalne kamere su poput senzora koje se temelje na dubini. Trodimenzionalne kamere imaju visoku razlučivost, opremljene su infracrvenim iluminatorom i *Time of Flight* dubinskim senzorom koji je zadužen za boju. Za praćenje noćnog ponašanja kod životinja gdje je slabo ili nikakvo osvjetljenje potrebno je da kamera sadrži infracrvenu svijetlost. Današnje suvremene kamere moraju biti dobro zaštićene zbog senzora koji se nalaze unutar njih, a potrebno ih je zaštititi najviše od amonijaka, prašine i vlage, [22].

### 3.3. Infracrvena termografija

Infracrvena termografija predstavlja brzu, bez kontaktnu metodu praćenja temperature površine nekog tijela, objekta ili predmeta . Osnovu infracrvene tehnologije predstavlja načelo da svaki objekt, predmet ili tijelo koji ima temperaturu iznad apsolutne nule, emitira infracrveno zračenje, a temperatura tog tijela, objekta ili predmeta određuje valnu duljinu emitiranog zračenja. Jačinu zračenja topline registrira termovizijska kamera i pretvara u infracrvenu sliku, takav primjer možemo vidjeti na slici 3. ili u grafički oblik koji se još naziva termogram. Infracrvene termovizijske kamere mjere promjene tjelesne temperature a očitavanje temperature ovisi o uvjetima okoline, odnosno kada je temperatura okoline viša, povećan je protok krvi kod životinja i to rezultira višim površinskim temperaturama, [24], [25], [26].



Slika 3. Slika krave termovizijskom kamerom, [26]

Kod čimbenika koji utječu na kvalitetu infracrvene termovizijske kamere izvor [27] u svom radu navodi kako su glavni čimbenici koji utječu na kvalitetu [26], [27]:

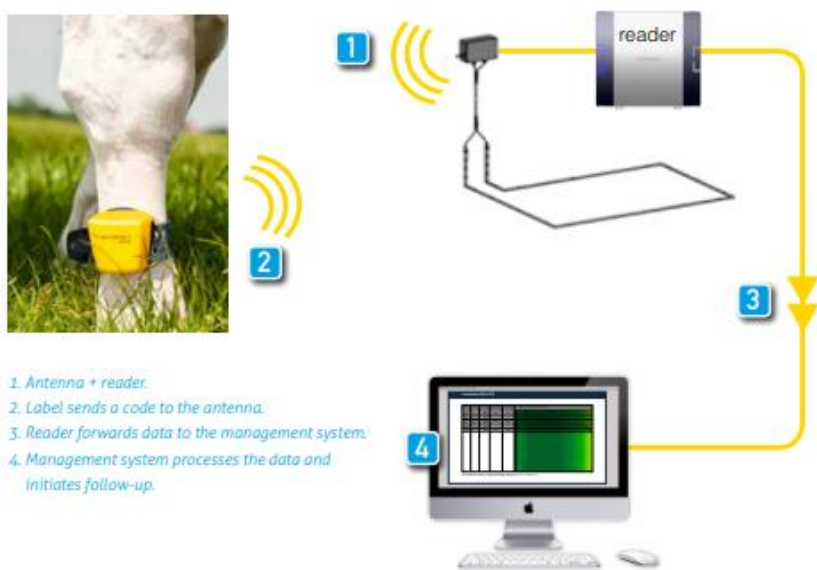
- termogrami se moraju prikupljati izvan direktne sunčeve svjetlosti i propuha
- na dlaci životinja odnosno na njihovom tijelu ne smiju biti prisutne nikakve nečistoće, strani materijali i vlaga i
- zbog toga što su kamere manjih okvira, te ujedno imaju i manji zaslon teško je procijeniti kvalitetu snimljenog termograma ili slike bez pristupa računalnom programu gdje se može odraditi detaljnija analiza.

Isto tako izvor [28] u svome radu navodi kako se dobiveni termogrami mogu pohraniti u raznim formatima, slati putem raznih medija te ih je moguće i printati. U daljnjem dijelu svog rada navodi

kako je prilikom infracrvenog termovizijskog snimanja potrebno smanjiti sve moguće smetnje koje bi mogle utjecati na kvalitetu.

### 3.4. Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija

Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija (RFID, eng. *Radio Frequency Identification*) je vrsta tehnologije koja omogućava automatsko i bežično prepoznavanje proizvoda, ljudi i životinja pomoću radio valova. Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija je vrsta identifikacija koja se u poljoprivredni koristi za praćenje domaćih životinja kroz njihovu cjelokupnu proizvodnju. Osnovni RFID sustav sastoji se od RFID oznake, čitaća ili antene i sustava za obradu tih podataka, a način rada može se vidjeti na slici 4. Uloga antene u RFID sustavu je da prenosi magnetsko polje, a oznake koriste energiju iz magnetskog polja za slanje koda natrag na antenu. Antena prima kod i proslijeđuje podatke u sustav za upravljanje i obradu podataka, nakon toga sustav upravljanja obrađuje zaprimljene podatke i pokreće praćenje boravka životinje i podatke o proizvodnji. RFID sustav predstavlja bežičnu komunikaciju koja radi na osnovu bar kod mehanizma. U aktivnim RFID sustavima oznake imaju svoj vlastiti odašiljač kao i bateriju odnosno vlastiti izvor napajanja. Uobičajeni RFID sustavi imaju doomet do 100 metara, a vijek trajanja RFID oznaka je uglavnom oko 30 godina, [29], [30].



Slika 4. Način rada RFID tehnologije, [30]

### 3.5. Informacijsko komunikacijska tehnologija u proizvodnji mlijeka

U suvremenoj proizvodnji mlijeka, informacijsko komunikacijska tehnologija značajno olakšava proizvodnju veliki poljoprivrednim gospodarstvima. Kod praćenja proizvodnje mlijeka i korištenja informacijsko komunikacijske tehnologije postoje dvije vrste sustava, a to su automatski muzni sustavi (AMS) i automatski muzni sustavi tipa rotolaktor (AMR).

#### 3.5.1. Automatski muzni sustavi (AMS)

Automatski muzni sustavi (eng. *VMS – Voluntary Milking Systems*) ili roboti za mužnju, omogućuju precizniju, ekonomičniju i bolju proizvodnju mlijeka koji se može vidjeti na slici 5, [30].



Slika 5. Robot za mužnju krava, [31]

Jedan od glavnih dijelova robota za mužnju je robotska ruka čija je funkcija da izvodi brzo i nježno ponavljajuće radnje poput čišćenja, pripreme, postavljanja i dezinfekcije vimena krava. Sve te funkcije omogućuje integrirani sustav koji se sastoji od kamera, hardvera i softvera za obradu slika čime se omogućuje preciznost robotske ruke tijekom pripreme za mužnju. Robot prilikom svake mužnje pamti položaj sisa i vimena kao i njen oblik. Nakon završetka mužnje, slijedi



automatsku čišćenje i ispiranje muznog stroja iznutra i izvana. Prilikom ulaska krave na mužnju, robot ima mogućnost automatskog prepoznavanja te procjenu da li ima dozvolu za mužnju određene krave s obzirom na njezinu razinu proizvodnje i proteklog vremena od prethodne mužnje, uzimajući u obzir i broj dana laktacije. Iz tog razloga može se dogoditi da u jednom danu jedna krava dođe na mužnju i do 4 puta, dok neka druga dođe 2 puta. Krave koje imaju dozvolu za mužnju, dobit će od robota izračunatu dozu obroka, dok one koje nemaju dozvolu za mužnju neće dobiti obrok te će prepustiti mjesto sljedećoj kravi i napustiti prostor koji je određen za mužnju krava [31].

### **3.5.2. Automatski muzni sustav tipa rotolaktor (AMR)**

U današnje vrijeme na tržištu postoji automatski muzni sustav u obliku rotora (AMR, eng. *Automatic Milking Rotary*). Prema izvoru 28. trenutno se na tržištu nalazi i jedan od najnaprednijih rotacijskih sustava za mužnju krava marke DeLaval, koji se sastoji od 24 muzna mjesta. Sustav je opremljen sa 5 hidrauličnih robota koji samostalno obavljaju mužnju i potpuno odvojeno po kravi. Robot 1 i 2 služe za čišćenje i pripremu krave za mužnju, robot 3 i 4 služe za postavljanje, a robot 5 ima zadaću dezinfekcije i zaštite sisa. Svaki od 5 robota sadrži 3D kamere. Prilikom samog ulaska krave u rotor, ona se identificira putem svoje identifikacijske oznake i ulazni na sljedeće slobodno muzno mjesto. Prvi korak je čišćenje sisa, priprema za mužnju i sušenje pomoću sisnih čaša robotske ruke. Nakon toga slijedi pričvršćivanje sisnih čaša za mužnju. Prilikom procesa mužnje, mlijeko se iz svake sise može pojedinačno pratiti i analizirati. Nakon završetka procesa mužnje, robotska ruka skida čaše, te slijedi dezinfekcija sisa. Nakon što je mužnja završena, te je obavljena dezinfekcija, krava se automatski vodi u staju ili preusmjerava u drugi prostor. Također važno je i napomeni kako se svako muzno mjesto automatski ispiri prije ulaska sljedeće krave u rotor. Glavna prednost primjene automatskog muznog rotora je ušteda za 50% radne snage, gdje osoblje koje je bilo zaduženo za mužnju može obavljati neke druge poslove, [32].

## **4. GPS uređaji u proizvodnji hrane**

GPS sustav predstavlja mrežu satelita koji kontinuirano šalju informacije uz pomoć kojih je omogućeno precizno određivanje položaja na Zemlji. GPS je moguće koristiti na svim mjestima, odnosno na svakom području gdje je moguć prihvatanje signala koji odašilje satelit [33].

GPS sateliti kruže oko zemlje, svaki satelit odašilje jedinstveni signal i parametre koji omogućuju GPS uređajima da odrede točnu lokaciju satelita. GPS prijamnik pomoću te informacije izračunava točnu lokaciju korisnika. Budući da je GPS u današnje vrijeme ugrađen u uređaje različitih vrsta i namjene, GPS prijamnik mora primiti signal najmanje tri satelita kako bi mogao odrediti 2D položaj (geografsku širinu i dužinu) te pratiti kretanje korisnika. Ukoliko GPS prijamnik ima vidljivost više od tri satelita može utvrditi 3D položaj (geografsku širinu i dužinu i nadmorsku visinu). Nakon što GPS utvrdi lokaciju korisnika, iz toga može odrediti i druge podatke poput brzine, smjera, udaljenosti do odredišta, [34].

GPS lociranje u poljoprivredi pomaže u smanjenju troškova poput veće potrošnje goriva, gnojiva i preklapanja redova. Da bi to smanjenje troškova bilo moguće potrebno je koristiti najmodernije strojeve na koje je moguća ugradnja navigacijskih uređaja. Izvor 31. navodi kako je rad sa strojevima koji imaju radni zahvat 6 m ili više izrazito težak a da ne dolazi do preklapanja prohoda. To preklapanje smanjuje učinak rada za 10 do 15% a za isto toliko povećava troškove proizvodnje, a ukoliko se koriste navigacijski uređaji mogu se ostvariti uštede za 10 do 15%, [34].

### **4.1. Navigacijski uređaj Farmnavigator G7**

Oranje spada u radne operacije obrade tla, te se koristi na većini poljoprivrednih površina. Kako bi se u toj operaciji ali i drugim operacijama u obradi tla ostvarili što bolji rezultati koristi se suvremena informatička tehnologija. Kod operacije oranja navigacijski sustav koji se može koristiti je Farmnavigator G7. Farmnavigator G7 je navigacijski uređaj koji se koristi za detaljnu obradu poljoprivrednih površina. Glavne karakteristike koje sadrži ovaj navigacijski uređaj su jednostavnost i praktičnost za uporabu, zaslon na dodir veličine 7 inča, otpornost na prašinu budući da se nalazi na strojevima koji imaju dodir sa zemljom te samim time i prašinom, zatim

vodootporan je, te jednostavno korisničko sučelje. Glavna prednost korištenja Farmnavigator G7 uređaja je da se rad obavlja brže i jednostavnije, a u isto vrijeme smanjuje se potrošnja goriva, [35].

Kako bi Farmnavigator G7 uređaj bilo moguće koristiti potrebno je uređaj i antenu montirati na traktor. Nakon što se uređaj uključi na napajanje nailazi se na izbornik sa 6 područja što možemo vidjeti na slici 6., [35].



Slika 6. Početni izbornik Farmnavigator G7, [36]

Nakon što se odabere područje poslovi ili zadatci, te tamo opcija novi posao potrebno je napraviti sljedeće korake: izraditi granice polja, odabrati širinu zahvata radnog stroja te linije vođenje po kojima će se raditi. Granice polja se izrađuju tako da se na navigacijskom uređaju pritisne ikona olovke i traktorom se kreće po granicama polja dok se na ekranu prikazuje put kojim je stroj prošao. Nakon što se traktor vrati u početnu točku ponovno korisnik pritišće ikonu olovke te su granice polja vidljive na ekranu, dok sustav automatski izračunava i ukupnu površinu koja se nalazi na tom polju. Kod odabira širine zahvata radnog stroja prvo se odabire radni stroj kojim korisnik želi raditi, nakon toga na ekranu se prikazuje izbornik gdje korisnik upisuje radni zahvat stroja koji se može namještati u centimetre što uvelike olakšava posao kod operacije koje zahtijevaju što veću preciznost poput sjetve, [36], [37].

Nakon što je korisnik izradio granice polja te odabrao širinu radnog zahvata stroja, potrebno je odrediti linije vođenja. Kod odabira linija vođenja moguće je odabrati paralele, ukrivljeno, koncentrične linije i izrađenim tragovima. Ukoliko se korisnik nalazi na polju koje se već nalazi u navigacijskom sustavu te je u prethodnom proходу odabrao jednu opciju, nakon što ponovno ide u isto polje ima mogućnost odabrati drugu opciju za liniju vođenja. Opciju paralela najbolje je koristiti kod polja koja imaju pravokutan oblik, te se nakon utvrđenih granica, radnog zahvata stroja i prvog prohoda po polju na zaslonu pojavljuju virtualne paralelne linije koje su međusobno udaljene jedna od druge za duljinu radnog zahvata stroja. Ukrivljene linije ispune svoju zadaću kod polja koja imaju zakrivljene granice polja. Pri prvom proходу i pritiskom na ikonu (npr. „A“) softver bilježi liniju kretanja korisnika po polju. Dolaskom do kraja jednog prohoda korisnik pritišće drugu ikonu (npr. „B“), te nakon toga sustav prepoznaje način na koji korisnik želi da se polje obradi te kako zapravo izgleda linija praćenja na ekranu navigacijskog uređaja. I kod ove opcije ukrivljene linije udaljenost od svake linije je jednaka širini radnog zahvata stroja. Koncentrične linije za vođenje primjenjuju se kod površina koje nemaju pravokutan oblik. U ovom slučaju granice polja utvrđuju se vožnjom uz samu granicu, te nakon što korisnik unese radni zahvat stroja i obavi prvi prohod po površini, navigacijski uređaj prikazuje koncentrične krivulje za vođenje korisnika po polju. Linija vođenja izrađena tragovima je opcija koja se koristi na površinama gdje su već izrađene linije vođenja poput vinograda, te se u ovom slučaju navigacijski uređaj koristi za prikaz onog dijela koji je obrađen a ne za vođenje samog korisnika, [36], [37].

#### **4.2. Navigacijski uređaj AG Leader**

Navigacijski uređaj AG Leader koristi se za navigaciju strojeva u preciznoj poljoprivredi, te dolazi iz istoimene tvrtke. AG Leader uređaj sastoji se od monitora unutar traktora i antene koja se nalazi na kabini. Glavne karakteristike ovog navigacijskog uređaja su ekran u boji veličine 12,1 inča, 4GB interne memorije, pogled mape u 3D, kompatibilnost sa većinom NMEA GPS prijemnika, automatsko prepoznavanje polja, *seed command* za kontrolu sjetve, [37].

Navigacijski uređaj AG Leader na zaslonu prikazuje integrirani sustav navođenja sa svjetlosnim linijama, gdje ima opcija više uzoraka navođenja kao i kod Farmnavigator G7 uređaja. Svjetlosna linija na ekranu uključuje i pogreške pri prolazu kao i broj prolazaka. Nakon što se

jednom prođe kroz polje, odnosno kroz cijelu površinu odabire se uzorak navođenja na osnovu prvog prolaska kako bi se formirale svjetlosne linije, [37].

Navigacijski uređaj AG Leader ima u svojim karakteristikama navedenu i karakteristiku kontrolu priključaka *DirectCommand* i *SeedCommand* modula. *DircetCommand* je opcija koja ima potpunu kontrolu nad materijalima koji se koriste, bilo da se radi o tekućim ili zrnatim, odnosno *DirectCommand* neprestano kontrolira, prilagođava i bilježi primjenu materijala na polju na osnovu ručno unesenih ciljanih vrijednosti ili na način da koristi preporučene vrijednosti iz dokumentacije, dok *SeedCommand* je namijenjen za pneumatske sijačice te bilježi i kontrolira operacije sjetve te eliminira sjeme koje bi bilo potraćeno na prekomjernu sjetvu, odnosno tamo gdje bi došlo do preklapanja taj dio pneumatske sijačice ne radi, [37].

Također uz sve opcije koje sadrži AG Leader navigacijski uređaj sadrži još jednu dodatnu mogućnost a to je AgLeader OptRx senzor usjeva. OptRx senzori se postavljaju na prednjim dijelovima stroja gdje su fiksni ili na pomičnim dijelovima poput grana prskalice, na slici 7. može se vidjeti kako izgleda OptRx senzor u praksi na strojevima. OptRx senzori mjere potrebu za dušikom usjeva i daju preporuku za primjenu dušika a sve u cilju dobivanja maksimalnog profita kod poljoprivrednika. OptRx senzor postavlja se na grane preskalice ili na rasipač umjetnog gnojiva. Također senzori su integrirani sa *DirectCommand* sustavom na zaslonu navigacijskog uređaja kako bi korisnik imao uvid u informacije. OptRx senzor ima vlastiti izvor svjetlosti, te senzori mjere kvalitetu usjeva, odnosno same biljke na temelju očitavanja biljne mase i refleksije svjetla. Glavne prednosti OptRx senzora su da otkriva sadržaj biomase, daje korisniku rezultate u svim fazama rasta i razvoja biljke, senzor također skenira bilju od vrha prema dnu te daje stvarnu sliku biljke i način na koji ona apsorbira svjetlost. Glavna prednost korištenja ovog senzora je smanjena primjena dušika na područjima gdje je se već nalazi zadovoljavajuća razina dušika, dok s druge strane povećava količinu dušika na područjima u kojima se ne nalazi dovoljna količina te povećava potencijalne prinose za usjeve, [38].



Slika 7. Izgled OptRx senzora,[38]

#### **4.3. Navigacijski uređaj Trimble CFX-750**

Trimble CFX-750 navigacijski sustav je sustav koji ima zaslon osjetljiv na dodir, pruža uslugu navigacije strojeva, te omogućuje preciznije obavljanje poljoprivrednih operacija. Na uređaju postoji veliki broj dodatnih opcija koji dodatno povećavaju efikasnost kod sjetve, prskanja, oranja ili gnojidbe površina. Također uređaj ima ugrađeni GPS prijamnik, te na uređaju postoji USB priključak koji služi za mogućnost učitavanja ali i čuvanja podataka na USB prijenosniku, te nakon što se uređaj priključi u navigacijski uređaj dostupne su informacije o pojedinim površinama koje su bile već ranije spremljene. Također uključivanje USB-a u navigacijski uređaj omogućuje jednu dodatnu opciju a to je snimka zaslona, gdje nakon što korisnik napravi snimku zaslona slika se automatski sprema na USB uređaj, [39].

Nakon što se uređaj prvi puta uključi, pokreće se opcija Upute za brzi početak, ali nakon što se opcija pokrene moguće ju je isključiti da se ne pojavljuje svaki puta nakon što se uređaj upali. Nakon isključenja te opcije dolazi se na navigacijski izbornik koji se može vidjeti na slici 8. Na početnom izborniku nalaze se ikone koje pružaju razne informacije, te imaju dostupnost raznim funkcijama sustava, te se svaka ikona odnosno funkcija aktivira pritiskom prsta na ekran, [39].



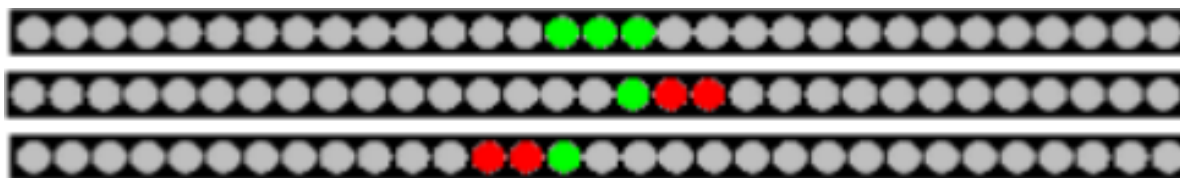
Slika 8. Navigacijski izbornik ,[40]

Pritiskom na ikonu Konfiguracija otvara se izbornik postavki. Pomoću tih postavki može se dobiti uvid u sljedeće postavke [40]:

- vozilo,
- priključni uređaj,
- navigacija,
- GPS,
- podaci i
- sustav.

Ikona Prikaz omogućuje promjenu perspektive pogleda na površinu. Perspektiva se može približiti i udaljiti te potpuno izmijeniti pogled. Kod perspektive postoje dva izbora pogleda, a to su pogled od gore i pogled od nazad u odnosu na strelicu na ekranu. Ikona Reset navođenja služi korisniku za izradu novog polja ili površine ili za odabir postojeće površine, [40].

Princip funkcioniranja, odnosno navođenja korisnika da ostane u ravnini prilikom korištenja navigacijskog uređaja olakšava i uporaba svjetlosne trake. Svjetlosna traka sastoji se od LED dioda koja pokazuju poziciju vozila u odnosu na navigacijsku liniju. Svjetlosna traka funkcionira na način da se diode pale nalijevo ili nadesno u odnosu na navigacijsku liniju kako se pozicija vozila mijenja. Princip rada pokazuje slika 11., gdje je vidljivo kada se vozilo nalazi na navigacijskoj liniji svijetle zelene diode, dok vozilo se pomakne sa navigacijske linije nalijevo ili nadesno na toj strani će zasvijetliti crvene diode [40].



Slika 9. Svjetlosna traka, [40]

Uz kontrolu navigacijskog uređaja preko ekrana, Trimble CFX-750 navigacijski uređaj može se kontrolirati i preko EZ- Remote džojstika. Džojstik se sastoji od 10 LED taster, gdje 6 LED taster-a imaju unaprijed podešene funkcije, dok na ostale 4 tipke može se dodijeliti neke od sljedećih funkcija [40]:

- započni ili završi liniju
- započni ili završi područje
- uključi ili isključi pokrivanje
- upravljanje kamerom A ili kamerom B
- prikaži pogled na karti od gore
- prikaži pogled na karti od nazad
- zumiraj i
- prikaži status.



## 5. Senzorska tehnologija u procesu sušenja žitarica

Poglavlje senzorska tehnologija u procesu sušenja žitarica predstavlja dio gdje je objašnjen dio koja se tehnologija, odnosno koji se strojevi koriste u procesu sušenja žitarica, način kako je stroj građen, kako funkcionira i koji mu je princip rada, te koji se senzori koriste u procesu automatizacije samog procesa sušenja.

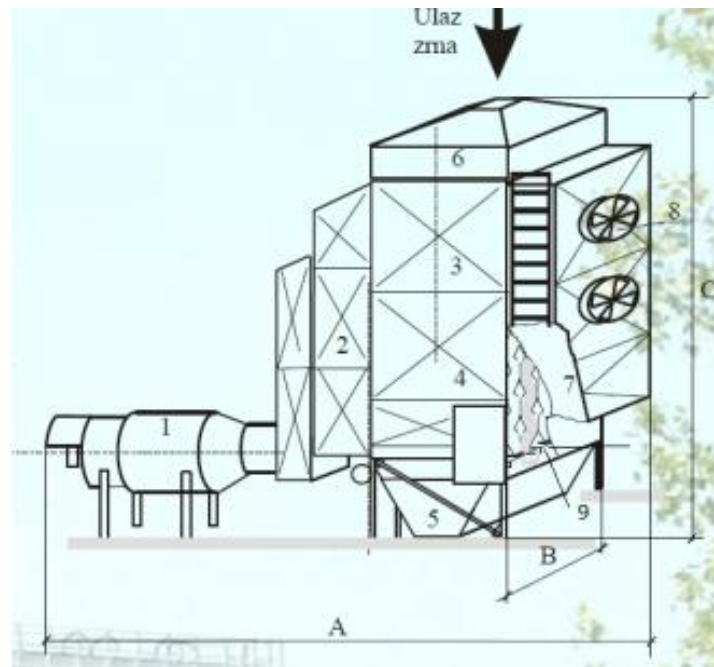
Sušara je pogon koji se koristi za proces sušenja žitarica, odnosno glavna funkcija sušare je smanjivanje vlage na točno određenu razinu kako bi se žitarice mogle skladištiti. Zadaća sušare je da sa procesom sušenja konzervira poljoprivrednu kulturu uz što manju potrošnju energije za sušenje, te sa što manjim promjenama kvalitete i što manjim oštećenjima proizvoda i uz što manje onečišćenje okoliša, [41].

Autor rada za primjer je uzeo sušaru koju ima na vlastitom poljoprivrednom gospodarstvu Mini 600, tvrtke Seting inženjering d.o.o. iz Delnica. Navedena sušara je konvektivna protočna sušara koja za energent koristi loživo ulje, te ima kapacitet obrade 1000 kg/h, odnosno to znači da u jednom satu može obraditi 1000 kg ulazne sirovine žitarica. Konvektivna sušara predstavlja pojam da se tvar unutar same sušare giba u struji zraka, odnosno sušenje se odvija za kratko vrijeme zbog površine između tvari i zagrijanog zraka, dok protočnost označava dio gdje žitarica slobodno prolazi kroz sušaru odnosno propada kroz sušaru između ćelija koje dovode zagrijani zrak. Kod ove vrste sušara žitarice se dovode do sušare kroz usipni lijevak, zatim tvar prolazi kroz sušaru i izlazi na dnu te odlazi u skladišni prostor, a u ovom primjeru sve se odvija proces automatizacije, također važno je napomenuti kako sušara uvijek mora biti ispunjena do vrha, [41], [42].

Slika 12. predstavlja građu protočne sušare. Uvidom u sliku može se vidjeti kako sušara ima 9 osnovnih dijelova od kojih je sastavljena [43]:

1. generator topline s plamenikom
2. ulazni kanal za usmjeravanje toplog zraka u zone sušenja
3. zona sušenja
4. zona hlađenja

5. isipni koš, mjesto gdje dolazi osušeno zrno
6. usipni dio, mjesto gdje se nalazi sirovo zrno
7. kanal izlaznog zraka predstavlja mjesto gdje odlazi iskorišteni zrak
8. ventilator- ima funkciju da izvlači iskorišteni zrak
9. izuzimač zrna – ima funkciju ispuštanja zrna iz sušare.



Slika 10. Građa protočne sušare, [43]

Prije početka procesa sušenja sušara se puni cijelim kapacitetom te započinje proces sušenja. Prema podacima iz izvora 39 može se vidjeti kako samim paljenjem sušara ne dostiže odmah radnu temperaturu nego se to dogodi nakon određenog vremena zagrijavanja. Iz tog razloga zrno koje je prilikom procesa punjenja sušare palo na dno preskočilo je fazu sušenja te izlazi van iz sušare iste vlage kao i prilikom ulaska, potrebno ga je ponovno staviti u proces sušenja, odnosno staviti u sušaru u gornji dio sušare kako bi zrno smanjilo vlagu na propisani postotak, [42].

Kako bi sušara imala mogućnost sušenja više različitih kultura mora imati promjenjivu količinu zraka koja struji kroz sušaru jer bi se u suprotnom kulture koje imaju sitnije zrno ispuhivale van iz sušare. Odnosno, to znači da za svaku pojedinu kulturu potrebno je drugačije namjestiti strujanje zraka kroz sušaru. Također osim količine zraka, tako je i radna temperatura sušenja različita za pojedine kulture. Primjerice kod sušenja žitarica temperatura sušenja je 55°C, kod sušenja kukuruza je 80°C, a za sušenje sjemenskih žitarica 40°C. Shodno navedenom izvor 39. navodi kako njihove sušare ne prelaze temperaturu od 120°C u višim zonama sušenja, odnosno

dok zrno još ima veću količinu vlage, a u nižoj zoni sušenja temperatura se smanjuje na 90°C do 95°C. Ta promjena temperature se događa iz razloga kako se zrno ne bi oštetilo i izgubilo kvalitetu prilikom procesa sušenja [42].

Protočna sušara također ima i karakteristiku da se toranj sušare dijeli na dvije temperaturne zone, kao i recirkulaciju zraka iz zone hlađenja za što veću uštedu energije. Kod protočne sušare zrno kontinuirano teče kroz sušaru, a to znači da i dio koji je određen za punjenje također stalno radi. Protočna sušara ima senzor koji se zove Nsgl, koji se aktivira u slučaju da se sušara prepuni, te se automatski zaustavlja dio koji je određen za punjenje sušare. Također protočna sušara ima i zone sušenja odnosno vrh sušare koji predstavlja prvu zonu temperatura sušenja jednaka temperaturi plamenika. Temperatura plamenika dolazi do vrha na način da se zrak zagrijava na plamenoj cijevi, zatim prolazi kroz energetske kanal, te ga ventilatori vuku do vrha. Kako je već ranije navedeno temperatura u prvoj zoni je otprilike 120°C. Druga zona predstavlja dio gdje je temperatura manja, odnosno kako je navedeno otprilike 90°C do 95°C, dok treća zona ima funkciju hlađenja zrna pomoću vanjskog zraka i upuhivanja vanjskog zraka koji se kroz ovu zonu recirkulira kako bi se uštedio dio energije, te se usmjerava prema prvoj i drugoj zoni. Također sušara ima i 4 ventilatora koji služe za cirkulaciju zraka kroz sušaru, a oni rade određenim intenzitetom kako bi se održavala potrebna temperatura u svakoj pojedinoj zoni, [42].

Kako bi sušara ispravno radila, u tome joj pomože primjena termostata i senzora. Na sušari postoje 3 termometra koji mjere temperaturu. Postavljeni su na različitim visinama, kako bi se mjerenje temperature odvijalo u svakoj pojedinoj fazi. Termostati imaju zadaću da zaustave proces sušenja i upale alarm kako bi upozorili na prekoračenje temperature u jednoj od faza. Svi dijelovi sušare od ventilatora, motora, senzora su spojeni u glavni ormar. Glavni ormar služi za upravljanje cijelom sušarom te se na njemu također nalazi i shema cijelog pogona, te se tamo mogu upaliti i ugasiti ručno svaki pojedini dio sušare, [42].

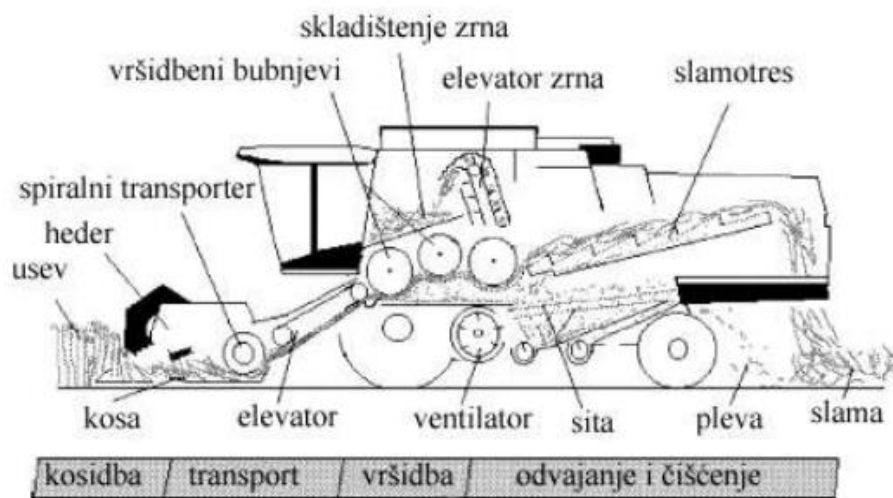
Senzori koji se nalaze na sušari mogu se podijeliti u dvije skupine, a to su procesni senzori i sigurnosni senzori. Procesni senzori su senzori koji očitavaju određene parametre u samom procesu sušenja, pa su to senzori poput senzor za početak procesa punjenja, senzor za regulaciju da se sušara ne može prenapuniti, senzor koji očitava ulaznu vlažnost zrna, senzor trenutne temperature u pojedinim zonama, izlazna temperatura žitarica. Kod sigurnosnih senzora nalazi se

senzor na vrhu sušare koji aktivira alarm ukoliko dođe do prenapunjenja sušare ili ukoliko nakon što je potrebno krenuti s procesom punjenja ta operacija ne započne, [44].

Kod klasičnog procesa sušenja odnosno sušara koje nemaju mogućnost procesa automatizacije sam proces bio je reguliran podešavanjem vremenskog odnosa sušenja i izuzimanja zrna u sušari na temelju izmjerene vlage ručnim uređajem. Budući da je ovakav način bio zadovoljavajući samo ako je vlažnost zrna bila konstantne vrijednosti. S obzirom da stalno mjerenje vlažnosti razine zrna uzima vremenski dosta vremena te je potrebna konstanta prisutnost ljudskog faktora izvor 42. izradio je sklop koji je posredno mjerenjem vlažnosti zrna i temperature izlaznog zraka po zonama automatski korigirao vrijeme sušenja i izuzimanje zrna iz sušare. Prema podacima koji su navedeni u izvoru 42. upotrebom navedenog sklopa postigla se povećana kvaliteta zrna, odnosno nije dolazilo do pregrijavanja, zatim došlo je do skraćivanja procesa sušenja kao i do smanjenja utroška energenata za proces sušenja. Navedeni sklop ima mjerno upravljačku ploču čija je namjena da prikuplja mjerne podatke iz senzora, zatim upravljanje i očitavanje stanja senzora. Navedeni sklop dozvoljava najviše 8 senzora vlage i temperature. Osim dijela upravljačke ploče koji je zadužen za prikupljanje podataka drugi dio je sklop koji omogućava komunikaciju s osobnim računalom gdje se mogu vidjeti podaci koji su očitani iz senzora koji se nalaze unutar sušare, [44].

## 6. Senzorska tehnologija u poljoprivrednom vozilu

Budući da se senzorska tehnologija nalazi u svim sferama života tako se nalazi i u poljoprivrednim vozilima odnosno u ovom slučaju u kombajnu. Korištenje senzorske tehnologije u kombajnim obuhvaća mjerenje protoka i drugih osobina zrna i biomase cijele stabljike, pa sve do elemenata na kombajnu poput brzine, broja okretaja i okretnog momenta. Mjesta gdje se senzori na kombajnim ovise o mjestima i procesima koji se odvijaju u svakom od dijelova kombajna. Na slici 11. mogu se vidjeti procesi koji se odvijaju prilikom žetve na žitnom kombajnu, [33].



Slika 11. Procesni prilikom žetve na žitnom kombajnu, [33]

Pomoću adapter se usjev odnosno žitarica siječe i uvodi u mehanizam za vršidbu, a tamo započinje proces izdvajanja zrna iz klasa žitarice. U sljedećem koraku zrno se čisti kako bi se sa zrna odstranila pleva, a nakon toga zrno se transportira do spremnika za zrno pomoću spiralnog transportera i elevatora za zrno. U toj posljednjoj fazi kada se zrno transportira do spremnika jedino je moguće napraviti mjerenje volumena i masenog protoka očišćenog zrna, [33].

### 6.1. Mjerenje gubitka zrna

Kao odlično rješenje za mjerenje gubitka zrna pokazala se piezokeramička sonda eliptičnog poprečnog presjeka iz razloga što je pogodna za podešavanje aktivne površine sonde i zbog mogućnosti relativno dobro odvođenja nataloženih žetvenih ostataka jer ima osjetljivost na cijeloj svojoj dužini. Uređaj za mjerenje gubitka zrna ima mogućnost da se može isporučiti odnosno

odabrati sa jednom sondom za mjerenje gubitka zrna u slami ili sa dvije sonde gdje jedan dio mjeri gubitak zrna u slami a drugi gubitak slobodnog zrna u pljevi, dok je na središnjem uređaju unutar kabine kombajna moguće prikazati samo jednu od opcija gubitaka ili ukupne gubitke zrna, [33].

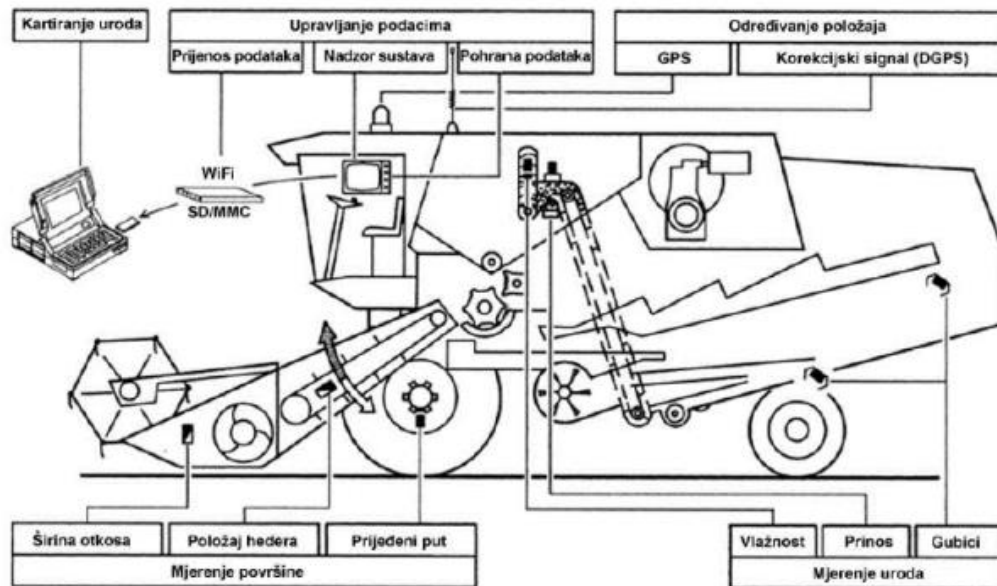
Uređaj za mjerenje gubitka zrna radi na principu da pretvara mehaničke impulse u zvučne, svjetlosne ili da se oni jednostavno pokažu na ekranu unutar kabine kombajna. Zrna žitarice izazivaju mehaničke impulse tako što padaju na sondu, gdje se ti impulsi pretvaraju u električne, a električni impulsi se šalju do elektronskog sklopa gdje se sumiraju i pojačavaju. Planirani, odnosno predviđeni gubitci se unaprijed određuju za svaku određenu vrstu kulture i te parametre postavlja vozač kombajna. Senzori koji mjere gubitak zrna ugrađuju se u nepomične dijelove kombajna odnosno ispod sita i slamotresa tako da na njih padaju samo ona zrna koja padaju iz kombajna a ne odlaze u spremnik za zrno. Gumeni amortizeri kojima su senzori pričvršćeni prilikom žetve omogućuju uslijed vibracija cijelog kombajna automatsko čišćenje sonde. Ovaj uređaj osim funkcije pretvaranja mehaničkih impulsa u električne ima funkciju da reagira na pad zrna samo na materijal koji odredi vozač kombajna, dok na ostale materijale ne reagira. Mjerenje zapremnine zrna koje se izbacuje van iz zadnje dijela kombajna izračunava se na osnovu izlaznih signala. A senzor koji mjeri i izračunava količinu izlaznog zrna na zadnjem dijelu kombajna upozorava vozača kombajna o tome da je količina izmjenog zrna prekoračila maksimalnu dozvoljenu količinu koju je vozač postavio ručno. Kada dođe do prekoračenja, senzor šalje obavijest vozaču na glavni ekran koji se nalazi unutar kabine, [33].

## **6.2.Mjerenje broja okretaja**

Broj okretaja ili obrtaja mjeri se pomoću induktivnih, optoelektronskih, otpornih, kapacitivnih i najčešće elektrodinamičkih senzora blizine koji se postavljaju pored vratila čiji se broj okretaja mjeri. Podjela uređaja za mjerenje broja okretaja ili kutne brzine razlikuju se uređaji sa digitalnim tajmerima i uređaji kod kojih se broj okretaja mjeri voltmetrima. Ukoliko prilikom rada kombajna dođe do preopterećenja pojedinog vratila na kojem se vrši nadzor broja okretaja, na ekranu u samom kombajnu pojaviti će se određena signalizacija kako bi obavijestila vozača da je došlo do preopterećenja ili pada broja okretaja od propisanog, [33].

### 6.3. Senzor prinosa zrna

Današnji novi kombajni odnosno strojevi za berbu plodova imaju sustav za kontrolu prinosa koji se sastoji od senzora protoka zrna, GPS prijemnika, display-a odnosno ekrana unutar same kabine gdje su korisniku vidljive sve potrebne informacije, senzora vlage, senzor brzine elevatora za očišćeno zrno, senzori radne brzine kretanja kombajna, senzor položaja adaptera i senzor širine otkosa adaptera. Shema odnosno položaj svih navedenih senzora i uređaja prikazana je na slici 12. Senzor prinosa ima zadatak da pretvara analogne signale, odnosno silu udara zrna u senzorsku ploču u digitalne signale koji se učitavaju na display. Osim u kombajnim za žitarice, takav senzor prinosa zastupljen je također i u drugim strojevima koji služe za berbu plodova poput kombajna za silažu, zatim kombajni za šećernu repu, krumpir i slično. Kod kombajna za silažu princip rada senzora prinosa je slična kao i kod kombajna za žitarice, a razlika je u tome što kod silažnog kombajna udar u senzor je konstantan bez prekida jer masa koja dolazi stalno udara u senzor, dok kod kombajna za žitarice postoji određeni vremenski razmak putovanja zrna od adaptera do senzorske ploče. Senzor prinosa kod kombajna za šećernu repu i krumpir je postavljen ispod trake te važe količinu izvađenog ploda. Da bi senzor prinosa mogao dati točnu informaciju o prinosu potreban je i uređaj za navigaciju. Uređaj za navigaciju je potreban kako bi se odredila ukupna površina i nakon toga se može izmjeriti prinos po jedinici površine. Osim senzora za prinos i uređaja za navigaciju unutar kombajna za žitarice ugrađen je i senzor za određivanje vlažnosti zrna koji mjeri razinu vode u zrnu, [45], [46].



Slika 12. Shema sustava za određivanje prinosa, [45]

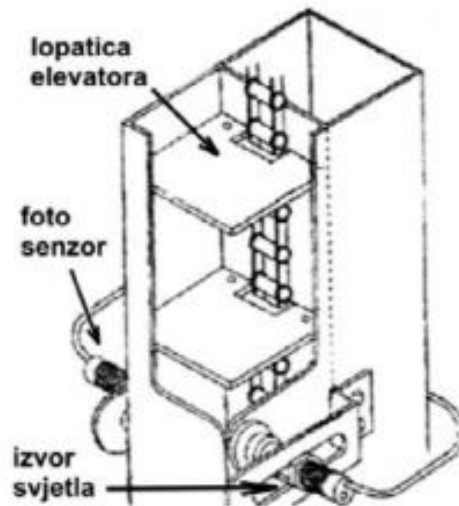
Senzori prinosa koji su ugrađeni u žitne kombajne dijele se prema načinu rada na [46]:

- sustav mjerenja obujma
- sustav mjerenja snage ili impulsa i
- drugi indirektni sustavi mjerenja.

### 6.3.1. Sustav mjerenja obujma

U sustavu mjerenja obujma mjeri se obujam žitarice koja prolazi pokraj senzora. Na slici 13. prikazan je princip rada mjerenja obujma žitarice. S jedne strane kućišta elevatora gdje se mjeri obujam senzora smješten je izvor svjetlosti koji emitira svjetlosne zrake, dok se na suprotnoj strani kućišta nalazi fotosenzor koji registrira i mjeri vrijeme u kojem lopatice elevatora ne propuštaju zrake, odnosno zrno koje se nalazi na tim lopaticama. Razdoblje u kojem se zrake ne propuštaju do fotosenzora se preračunava automatski uz pomoć algoritma te se dobije obujam zrna. Također važno je napomeni za ovu vrstu određivanja prinosa kako sustavi koji rade na ovaj način pokazuju veću netočnost u određivanju prinosa pri radu na neravnim terenima odnosno na padinama. Zato je važno da kombajni koji imaju ovu vrstu sustava imaju ugrađen nagibni senzor. Glavna prednost ove vrste sustava je u tome što točnije mjeri prinos jer vlažnost zrna ne utječe toliko na rezultate koliko primjerice kod sustava mjerenja snage ili impulsa, [45], [46], [47].





Slika 13. Princip mjerenja obujma žitarice, [45]

### 6.3.2. Sustav mjerenja snage ili impulsa

Sustavi senzora ove vrste utvrđuju masu po jedinici vremena preko djelovanja impulsa zrna koja su bačena u spremnik za zrno te na tom putu do spremnika prolaze pokraj senzora. Senzor se sastoji od dva senzorska prsta koji je priključen na dio koji mjeri snagu ili impuls. Točnost ovog sustava ovisi i o redovitom baždarenju. Drugi sustavi za određivanje prinosa na mjesto gdje se nalaze senzorski prsti stave jednu odskočnu ploču koja stoji okomito na pravac s kojeg se baca zrno, a funkciju savitljivih štapova preuzimaju ugrađene opruge s električnim snimačima puta. Masa zrna koja je bačena na savijenu odskočnu ploču uzrokuje promjenu napona, te se napon u određenim vremenskim intervalima mjeri i u oblik električnog signala šalje u nadzorni sustav. Osnovu za izračun količine prinosa zrna čine broj okretaja na elevatoru, radna širina, radna brzina i signali snimača puta. Tvrtke kao što su John Deere, Case i Deutz-Fahr koriste ovaj sustav mjerenja u svojim kombajnim, [45], [46], [47].

### 6.4. Senzor vlage

Način mjerenja vlage izvodi se na način da se mjeri masa uzorka u normalnom i osušenom stanju, pa se oduzimanjem masa dobije masa vode. Kada se masa zrna prestane smanjivati to je jedan od znakova kako je sva vlaga unutar zrna isparila. Međutim ova metoda sušenja je spora kako bi se mogla primjenjivati u industriji gdje se nalaze velike količine žitarica. Shodno tome, za mjerenje sadržaja vlage koriste se nekoliko tipova senzora [45], [46]:

- otporni senzori

- kapacitivni senzori
- mikrovalni senzori i
- infracrveni senzori.

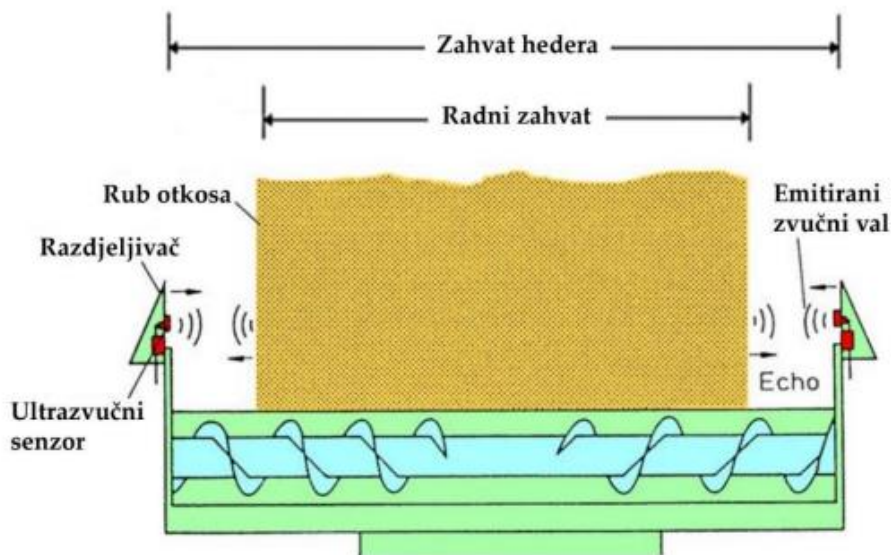
Kapacitivni senzori koji se najviše koriste za preciznu poljoprivredu se postavljaju na transporter koji prenosi očišćeno zrno do spremnika za zrno. Kako bi se omogućilo konstantno punjenje transportera, uklanjaju se krilca senzora na onim mjestima gdje se nalazi senzor. Međutim glavni problem uklanjanja tih krilca sa transportera može biti ukoliko uvjeti za žetvu nisu idealni, te su žitarice vlažne ili nisu dovoljno zrele odnosno spremne za žetvu, upravo to uklanjanje krilca sa transportera može blokirati njegov rad. Senzor za određivanje vlažnosti zrna radi na način da elevator podiže čisto zrno lopaticama prema transporteru za usipanje zrna u spremnik za zrno. Nakon toga zrno pada slobodnim padom u prostor gdje se nalazi senzor vlage. Senzor vlage vlagu zrna i šalje podatke na središnje računalo unutar kabine kombajna. Nakon toga senzor visine stupca sjemena očitava zadanu visinu i pokreće elektromotor koji je funkcija da pokreće pužni transporter koji transportira zrno u elevator čistog zrna, [45], [47].

### **6.5.Senzor širine žitnog adaptera**

Širina radnog zahvata žitnog adaptera mora se točno odrediti kako bi sustav koji mjeri prinos točno mogao izračunati prinos određene ratarske kulture. Kod žitarica koje imaju gusti sklop poput pšenice, tijekom procesa žetve glavni problem predstavlja održavanje jedna širine otkosa, jer kod adaptera koji imaju veliki zahvat teško je održavati cijelo vrijeme jednaku širinu otkosa. Osim veličine adaptera, problem predstavlja i okretanje na kraju površine gdje dolazi prilikom izlaza iz usjeva ili ulaza u njega do smanjenja širine otkosa u odnosu na širinu adaptera. Također do smanjenja širine može doći i kada na zadnje prolazu ostane manja širina u odnosu na širinu adaptera. Iz tog razloga razvijeno je nekoliko senzora za održavanje širine otkosa adaptera, [47].

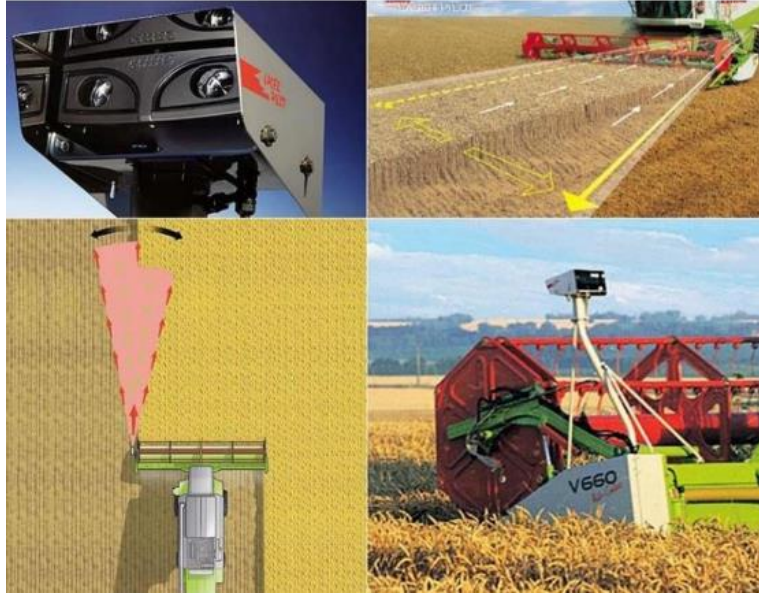
Najnoviji adapteri za otkos žitarica imaju ultrazvučne senzore za određivanje širine. Ultrazvučni senzori sastoje se od odašiljača i prijemnika, a smješteni su na svakoj strani adaptera, što možemo vidjeti na slici 14. Za određivanje udaljenosti između senzora i usjeva odnosno žita mjeri se vrijeme koje je potrebno da ultrazvučni signal prijeđe od odašiljača do žita i odbije se

natrag do prijemnika. Stvarna širina radnog zahvata adaptera računa se oduzimanjem lijeve udaljenosti između senzora i žita i desne udaljenosti senzora i žita od širine zahvata adaptera, [47].



Slika 14. Shema adaptera sa ultrazvučnim senzorima, [48]

Kako bi se olakšalo održavanje stalne širine otkosa adaptera može se koristiti uređaj naziva „Laser Pilot“, a način rada prikazuje slika 15. „Laser Pilot“ je uređaj automatskog vođenja žitnog adaptera koji skenira rub otkosa 14 metara ispred adaptera, a sustav detektira razliku u vremenu povratka svjetlosnih zraka od usjeva i površine gdje su žitarice već uklonjene. Ugradnjom „Laser Pilot-a“ vozač kombajna je manje opterećen upravljanjem samog kombajna, a to znači da može bolje nadzirati ostale operacije koje se u tom trenutku odvijaju. Kod adaptera koji se koristi u berbi kukuruza lakše je odrediti širinu otkosa budući da se tu radi o redovima na adapteru, i tu se koriste senzori u obliku ticala, [48].



Slika 15. Prikaz "Laser Pilot-a", [48]

## 7. Zaključak

Kako se informacijsko komunikacijska tehnologija nalazi u svim sferama društva tako je prisutna i u poljoprivrednim djelatnostima. Uporabom IoT tehnologije poljoprivrednicima je olakšan rad, te pristup informacijama kao i pravovremene reakcije za određene aktivnosti.

Kod stočarskog dijela proizvodnje, odnosno na farmama muznih krava najveći tehnološki napredak učinjen je pojavom robota za mužnju krava, budući da je to jedan od najtežih dijelova u samome posla na farmi. Robot za mužnju krava samostalno odrađuje sve operacije od prepoznavanja svake pojedine krave, pa sve do pripreme i mužnje krave. Budući da robot ima mogućnost prepoznavanja svake pojedine krave, to mu je omogućeno pomoću senzora za prepoznavanja ili određenih obilježja koji se nalaze na svakoj od krava koje idu u proces mužnje. Tehnologije koje se koriste za prepoznavanje krava, za brigu o njihovom zdravlje i općeniti nadzor samih krava su senzori, kamere, infracrvena tehnologija i RFID.

Kod ratarskog dijela proizvodnje najveći doprinos daje primjena GPS uređaja jer omogućuje korisniku automatsko vođenje pomoću linija koje se nalaze na display-u unutar samog vozila. GPS uređaj locira svaki stroj i površinu na kojoj se nalazi te pomoću linija vođenja i radnog zahvata stroja određuje pravce po kojima bi se trebalo kretati. GPS uređaj najviše pomaže prilikom gnojidbe, sjetve ali i zaštiti usjeva kako ne bi došlo do preklapanja. Odnosno to znači da korisnici koji koriste u svojim strojevima GPS uređaje smanjuju dijelove preklapanja, a ujedno i smanjuju količinu tvari koje su stavili na površinu i samim time ulaganje po jedinici površine. Drugim riječima GPS omogućuje da korisnici imaju maksimalnu dobit uz točno određena ulaganja odnosno količinu sjemena i gnojidbe po jedinici površine. U radu su navedena tri navigacijska uređaja te njihov princip rada. Nakon navedenog može se izdvojiti navigacijski uređaj AgLeader jer ima OptRx senzor jer glavna funkcija tog senzora je prepoznavanje dijelova površine gdje je potrebna određena količina gnojidbe. Odnosno upotrebom OptRx senzora na jednoj ratarskoj površini neće biti svugdje bačena jednaka količina.

U procesu sušenja i skladištenja žitarica, koristi se protočna sušara koja radi na procesu automatizacije. Odnosno kada se određeni dio ili postotak unutar sušare isuši na zadani postotak vlažnosti sušara automatski uzima određenu količinu novog zrna unutar sebe iz usipnog koša gdje se nalazi zrno namijenjeno za sušenje.

U završnom dijelu rada opisan je rad kombajna, odnosno primjena senzora koji olakšavaju korisniku sam proces žetve i daju potrebne informacije. Glavni senzori koje valja izdvojiti su senzori koji mjere gubitak zrna koji upozoravaju ako dođe do gubitka zrna većeg od dopuštenog, zatim senzor broja okretaja vratila koji upozorava korisnika ako dođe do padanja broja okretaja ili naglog povećanja. Također tu se nalazi i senzor prinosa zrna koji mjeri prinos zrna po jedinici površine kao i senzor vlage, koji određuje vlažnost zrna odnosno prisutnost vode unutar zrna. Za korisnika odnosno vozača najveću korist ima senzor koji nosi naziv „Laser Pilot“ jer ima mogućnost automatskog navođenja korisnika u redove, te omogućuje korisniku da može pratiti i ostale informacije i operacije koje se događaju na display-u.

Svrha rada bio je prikaz korištenja IoT tehnologije, način na koji je tehnologija povezana sa čovjekom te koje su prednosti korištenja IoT. Svrha korištenja informacijsko komunikacijske tehnologije u stočarskom dijelu proizvodnje, koje su prednosti korištenja informacijsko komunikacijske tehnologije i princip rada. Također uz navedeno svrha je bila i prikaz funkcionalnosti u primjeni GPS uređaja u poljoprivrednim djelatnostima, kao i uporaba senzora u kombajnu prilikom žetve, te koje se informacije mogu saznati upotrebom navedenih tehnologija.

Na kraju navedenog zaključak je kako je primjena IoT tehnologije odnosno senzora koji su povezani LoRaWAN mrežom kao i primjena GPS uređaja odnosno proces automatizacije kod sušenja žitarica ali i uvođenje robotizacije kod procesa mužnje krava olakšavaju rad ljudima koji se bave poljoprivrednom djelatnošću, budući da korisnicima omogućavaju nadzor nad cijelim sustavom kao i pravovremeni uvid u sve informacije kako bi se izbjegli određeni rizici, prevelika ulaganja kao i kvarovi.

## Literatura

- [1] Peraković D, Husnjak S, Cvitić I. IoT infrastructure as a basis of new information services in the ITS environment. *2014 22nd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), 25-27 November 2014 Beograd, Srbija*. IEEE; 2014; pp.39-42.
- [2] Peraković D, Periša M, Sente RE. Information and Communication Technologies Within Industry 4.0 Concept. U: Ivanov V, Rong Y, Trojanowska J, Venus J, Liaposhchenko O, Zajac J, Pavlenko I, Edi M, Perakovic D (ur.) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing*. Cham: Springer International Publishing; 2019. pp. 127-134.
- [3] Peraković D, Periša M, Zorić P, Cvitić I. Development and Implementation Possibilities of 5G in Industry 4.0. U: Ivanov V, Trojanowska V, Pavlenko I, Zajac J, Peraković D (ur.) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing III*. Cham: Springer International Publishing; 2020. pp. 166-175.
- [4] Abbas Z, Yoon W.. A Survey on Energy Conserving Mechanisms for the Internet of Things. *Sensors*. 2015;15(10): pp.24818-24847. Preuzeto s: <https://www.mdpi.com/1424-8220/15/10/24818> [Pristupljeno: 18. svibnja 2023.]
- [5] Soumyalatha S G H. Study of IoT: Understanding IoT Architecture, Applications, Issues and Challenges. *International Journal of Advanced Networking & Applications*. 2016; 478: 477-481
- [6] Vinayak N, Pooja K. Role of IoT in Agriculture. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*. 2016; pp.56-57. Preuzeto s: <http://www.iosrjournals.org/iosr-jce/papers/Conf.16051/Volume-1/13.%2056-57.pdf?id=7557> [Pristupljeno: 18. svibnja 2023.]
- [7] Ray PP. Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2017;9(4): pp.395-420.
- [8] Saraswathi RV, Sridharani J, Chowdary PS, Nikhil K, Harshitha MS, Mahanth Sai K. Smart Farming: The IoT based Future Agriculture. U: *2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT), 20-22 January 2022, Tirunelveli, India*. IEEE; 2022; pp.150-155
- [9] Smart AKIS. *What is Smart Farming?* Preuzeto s: <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/> [Pristupljeno: 18. svibnja 2023.]

- [10] LoRa developers portal. *What are LoRa and LoRaWAN?* Preuzeto s: [LoRa and LoRaWAN: Technical overview | DEVELOPER PORTAL \(semtech.com\)](https://www.semtech.com/technical-overview/developer-portal) [Pristupljeno: 19. svibnja 2023.]
- [11] The things Network. *LoRaWAN architecture.* Preuzeto sa: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/architecture/> [pristupljeno: 19. svibnja 2023.]
- [12] Semtech. *Precision Farming.* Preuzeto sa: [Semtech Agr Precision Farming App Brief-FINAL.pdf](#) [pristupljeno: 19. svibnja 2023.]
- [13] LoRa alliance. *How to make the right Connection for Precision Agriculture.* Preuzeto sa: [https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/LA\\_WhitePaper\\_SmartAg\\_0520\\_v1.1.pdf](https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/LA_WhitePaper_SmartAg_0520_v1.1.pdf) [pristupljeno: 24. svibnja 2023.]
- [14] Peraković D, Periša M, Zorić P. Challenges and Issues of ICT in Industry 4.0. U: Ivanov V, Trojanowska J, Machado J, Liaposhchenko O, Zajac J, Pavlenko I, Edl M, Perakovic D (ur.) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II.* Cham: Springer International Publishing; 2020. pp. 259-269.
- [15] Peraković D, Periša M, Cvitić I, Zorić P. Identification of the Relevant Parameters for Modeling the Ecosystem Elements in Industry 4.0. U: Knapcikova L, Balog M, Perakovic D, Perisa M (ur.) *4th EAI International Conference on Management of Manufacturing Systems.* Cham: Springer International Publishing; 2020. pp. 111–123.
- [16] Benjamin M, Yik S. Precision Livestock Farming in Swine Welfare: A Review for Swine Practitioners. *Animals (Basel).* 2019; 9(4): pp. 133-152.
- [17] Bewley J. Precision Dairy Farming: Advanced Analysis Solutions for Future Profitability. *The First North American Conference on Precision Dairy Management, March 2-5 2010, Toronto, Kanada.* 2010. pp. 2-5.
- [18] Norton T, Berckmans D. Developing precision livestock farming tools for precision dairy farming. *Animal Frontiers.* 2017; 7(1): pp. 18-23.
- [19] Boldizsár P. Precision dairy farming in the practice – DeLaval „Smart Farming“. *Acta Agraria Debreceniensis.* 2012; 49: pp. 119-122.



- [20] Rowe M. *Sensor basics: Types, functions and applications*. Preuzeto s: <https://www.edn.com/sensor-basics-types-functions-and-applications/> [Pristupljeno: 25. lipanj 2023.]
- [21] Puri M, Solanki A, Padawer T, Tipparaju SM, Moreno WA, Pathak Y. Introduction to Artificial Neural Network (ANN) as a Predictive Tool for Drug Design, Discovery, Delivery, and Disposition. *Artificial Neural Network for Drug Design, Delivery and Disposition*. Elsevier; 2015. pp. 3-13.
- [22] Salau, J., Haas, J.H., Junge, W., Leisen, M., Thaller, G.: Development of a multi-Kinect-system for gait analysis and measuring body characteristics in dairy cows. U: Halachmi I (ur.) *Precision Livestock Farming Applications*. Brill Publisher; 2015. pp.129-137.
- [23] Marchant J, Schofield C, White R. Pig growth and conformation monitoring using image analysis. *Animals Science*. 1999; 68(1): pp.141-150.
- [24] Lahiri B, Bagavathiappan S, Reshmi P, Philip J, Jayakumar T, Raj B. Quantification of defects in composites and rubber materials using active thermography. *Infrared Physics & Technology*. 2012;55: pp. 191–199.
- [25] Salles M, da Silva S, Salles F, Roma L, El Faro L, Bustos Mac Lean P, Lins de Oliveira C, Martello L. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*. 2016;62: pp. 63-69.
- [26] DSL, Jeyakumar S, Vasant PJ, Sathiyabarathi M, Manimaran A, Kumaresan A, Pushpadass HA, Sivaram M, Ramesha KP, Katakaltware MA, Siddaramanna. Monitoring foot surface temperature using infrared thermal imaging for assessment of hoof health status in cattle: a review. *Journal of Thermal Biology*. 2018;78: pp.10- 21.
- [27] Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ, Scott SL. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*. 2005;14(4); pp. 319-325.
- [28] Blečić P, Franković B, Lenić K. Primjena termovizijske infracrvene kamere u termotehnici. *Engineering Review*. 2009;29(1): p. 47-59
- [29] Anu VM, Deepika MI, Gladance LM. Animal identification and data management using RFID technology. *International Conference on Innovation Information in Computing Technologies 19-20 February 2015, Chennai, India*. IEEE; 2015. pp. 1-6.

- [30]Nedap Cattle Management. *RFID solutions for dairy farmers*. Preuzeto s: <https://www.nedap-livestockmanagement.com/wp-content/uploads/2017/07/RFID-solutions-for-dairy-farmers.pdf> [Pristupljeno: 30. lipanj 2023.]
- [31]DeLaval. *Your VMS your way*. Preuzeto s: <https://www.delaval.com/en-us/explore-our-farm-solutions/milking/delaval-vms-series/delaval-vms-your-way/> [Pristupljeno: 30. lipanj 2023.]
- [32]DeLaval. *DeLaval launches next-generation E-series rotary milking system*. Preuzeto s: [DeLaval E-Series Rotary - DeLaval](#) [Pristupljeno: 30. lipanj 2023.]
- [33]Jurišić M, Plaščak I. *Geoinformacijske tehnologije GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša*. Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku; 2009.
- [34]Garmin. *Što je GPS?* Preuzeto s: <https://www.garmin.com/hr-HR/aboutgps/> [Pristupljeno: 20. srpanj 2023.]
- [35]Borgelt SC, Harrison JD, Suddth KA, Birrell. Evaluation of GPS for applications in precision agriculture. *Applied Engineering in Agriculture*. 1996;12(6): pp.633- 638
- [36]Agromehanika. *Navigacija AVMAP-GPS*. Preuzeto s: <https://agromehanika.eu/hr/katalog/proizvod/navigacija-avmap-gps> [pristupljeno: 20. srpanj 2023.]
- [37]Satelitska navigacija. *Navigacije za poljoprivredu - Farmavigator*. Preuzeto s: [https://satelitska-navigacija.si/pdf/AvMap\\_FarmNavigation\\_G7\\_O%C5%BEujak%202014.pdf](https://satelitska-navigacija.si/pdf/AvMap_FarmNavigation_G7_O%C5%BEujak%202014.pdf) [pristupljeno: 23. srpanj 2023.]
- [38]Precision Agri Services. *OptRx*. Preuzeto s: <https://www.precisionagriservices.com/optrx> [Pristupljeno: 25. srpanj 2023.]
- [39]Geomatics land surveying. *Trimble CFX-750 Display Precison Ag Solutions*. Preuzeto s: <https://geomaticslandsurveying.com/product/trimble-cfx-750/> [Pristupljeno: 26. srpanj 2023.]
- [40]Modernaginc. *Trimble<sup>R</sup> CFX-750<sup>TM</sup> Display*. Preuzeto s: <https://modernaginc.com/wp-content/uploads/2016/11/cfx-750-user-guide-7a.pdf> [Pristupljeno: 27. srpanj 2023.]
- [41]Seting inženjering d.o.o *Sušara za zrno*.
- [42]Silo-tehnika d.o.o. *Sušare za zrno*

- [43] Hidayat SS, Prasetyo T, Suharjono A, Kurnianingsih MA. Application of supervised learning in grain dryer technology recirculation type cooperated with Wireless Sensor Network. *2014 The 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering*, 8 November 2014, Semarang, Indonesia. IEEE; 2014. pp.26-29.
- [44] Micromatic. *Sustav za optimizaciju rada sušare*. Preuzeto s: <http://www.micromatic.hr/OLD/drayer.htm> [Pristupljeno: 1. rujana 2023.]
- [45] Schmidhalter U, Maidl FX, Heuwinkel H, Demmel M, Auernhammer H, Noack PO, Rothmund M. Precision Farming – Adaptation of Land Use Management to Small Scale Heterogeneity. *Perspectives for Agroecosystem Management*. Elsevier; 2008. pp. 121-199.
- [46] Marković D, Veljić M, Krejić Z. *Merni sistemi na samohodnim poljoprivrednim kombajnama*. Beograd: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Beogradu; 2005.
- [47] Kin YY, Jamuar SS, Yahya A. Combine harvester instrumentation system for use in precision agriculture. *Instrumentation Science & Technology*. 2011;39(4):374–93. Preuzeto s: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10739149.2011.585195> [Pristupljeno: 2. rujana 2023.]
- [48] Zimmer R, Košutić S, Zimmer D. *Poljoprivredna tehnika u ratarstvu*. Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku; 2009.

## Popis slika

Slika 1. Opći prikaz arhitektura IoT, [4] .....	4
Slika 2. Arhitektura LoRaWAN mreže, [11].....	9
Slika 3. Slika krave termovizijskom kamerom, [26] .....	14
Slika 4. Način rada RFID tehnologije, [30].....	15
Slika 5. Robot za mužnju krava, [31].....	16
Slika 6. Početni izbornik Farmnavigator G7, [36].....	19
Slika 7. Izgled OptRx senzora,[38].....	22
Slika 8. Navigacijski izbornik ,[40] .....	23
Slika 9. Svjetlosna traka, [40].....	24
Slika 10. Građa protočne sušare, [43] .....	26
Slika 11. Procesi prilikom žetve na žitnom kombajnu, [33] .....	29
Slika 12. Shema sustava za određivanje prinosa, [45] .....	32
Slika 13. Princip mjerenja obujma žitarice, [45] .....	33
Slika 14. Shema adaptera sa ultrazvučnim sensorima, [48] .....	35
Slika 15. Prikaz "Laser Pilot-a", [48].....	36

## Popis kratica

IoT	(Internet of Things) Internet stvar
LPWAN	(Low Power Wide Area Network) Široka mreža male snage
ICT	(Information and Communication Technologies) Informacijsko komunikacijska tehnologija
LoRaWAN	(Long Range Wide Area Network) Širokopojasna mreža velikog dometa
VMS	(Voluntary Milking System) Automatski muzni sustav
AMR	(Automatic Milking Rotary) Automatski muzni sustav u obliku rotora
GPS	(Global Positioning System) Globalni sustav pozicioniranja

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ diplomski rad \_\_\_\_\_  
(vrsta rada)  
isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojem potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Primjena informacijsko komunikacijske tehnologije u poljoprivrednim djelatnostima, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 18.09.2023.

Luba Ištvanović  
(ime i prezime, potpis)