

# Primjena tehnologije LoRa WAN u poljoprivredi

---

**Voljavec, Dorotea**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:012625>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-22**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

# **PRIMJENA TEHNOLOGIJE LORA WAN U POLJOPRIVREDI APPLICATION OF LORA WAN TECHNOLOGY IN AGRICULTURE**

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Forenbacher

Student: Dorotea Voljavec

JMBAG: 0135248830

Zagreb, rujan, 2022.

Zagreb, 4. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Arhitektura telekomunikacijske mreže**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 6658**

Pristupnik: **Dorotea Voljavec (0135248830)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Primjena tehnologije LoRa WAN u poljoprivredi**

**Opis zadatka:**

U radu je potrebno opisati koncept Interneta stvari te pametne poljoprivrede. Analizirati LoRa WAN arhitekturu te senzore s primjenom u poljoprivredi. Navesti i opisati studije slučaja u okviru teme rada.

**Mentor:**

**Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:**

---

doc. dr. sc. Ivan Forenbacher

## SAŽETAK

U ovom završnom radu opisan je koncept Internet of Things (IoT), njegova arhitektura te primjena u poljoprivredi. Detaljnije je opisan pojam pametne poljoprivrede i korištenje IoT tehnologija, automatizacije i robotike u poljoprivredi. Također se spominje pojam precizne poljoprivrede i preciznog stočarstva te su navedene razne vrste sustava za upravljanje farmama. Korištenje raznih senzora uvelike olakšava posao poljoprivrednicima te imaju mogućnost stalnog nadzora nad svojim farmama. Detaljno je opisana LoRa WAN (eng. Long Range Wide Area Network) tehnologija, njena arhitektura, vrste i klase uređaja. Primjenom LoRa WAN senzora i drugih LoRa WAN uređaja u poljoprivredi značajno poboljšava rad farmi. U radu su navedeni razni LoRa WAN senzori, njihova područja primjene te stvarni slučajevi uporabe.

Ključne riječi: LoRa WAN; Internet of Things (IoT); poljoprivreda; senzori

## SUMMARY

In this final paper is the Internet of Things (IoT) concept is described, its architecture and application in agriculture. In more detail are described concept of smart agriculture and the use of IoT technologies , automation and robotics in agriculture. In addition, the concept of precision agriculture and precision livestock farming is mentioned, as well as types of farm management systems . The use of various sensors makes the job easier for farmers and they have the possibility of constant monitoring of their farms. LoRa WAN (Long Range Wide Area Network) technology is described in detail, its architecture, types and classes of devices. The use of LoRa WAN sensors and other LoRa WAN devices in agriculture significantly improves the operation of farms.

Keywords: LoRa WAN; Internet of Things (IoT); agriculture; sensors

# SADRŽAJ

1.UVOD .....	1
2.KONCEPT INTERNET OF THINGS .....	3
2.1.Arhitektura IoT tehnologije.....	4
2.2. Prednosti i nedostaci IoT tehnologije .....	5
2.3. IoT u poljoprivredi.....	5
3.PAMETNA POLJOPRIVREDA .....	7
3.1.Informacijski sustavi upravljanja.....	8
3.1.1.Poljoprivredni dronovi .....	8
3.1.2.Farm Management System.....	8
3.1.3.Precizno stočarstvo .....	9
3.2.Precizna poljoprivreda .....	10
3.3.Poljoprivredna automatizacija i robotika.....	11
4.LoRa WAN ARHITEKTURA .....	13
4.1. LoRa WAN uređaji.....	14
4.1.1. LoRa WAN krajnji uređaji .....	14
4.1.2. LoRa WAN pristupnik .....	16
4.1.3. LoRa WAN moduli .....	18
4.2. LoRa WAN klase uređaja .....	19
4.2.1. Klasa A.....	19
4.2.2.Klasa B.....	19
4.2.3. Klasa C .....	19
4.3. Sigurnost LoRa WAN mreže .....	20
5.LoRa WAN SENZORI S PRIMJENOM U POLJOPRIVREDI .....	21
5.1. Područja primjene LoRa WAN senzora .....	21
5.2. LoRa WAN senzori.....	22
6. STUDIJE SLUČAJA.....	25
6.1. Praćenje stoke.....	25
6.2. LoRa Farm .....	27
7. ZAKLJUČAK .....	30
LITERATURA .....	31
POPIS SLIKA .....	33

## 1.UVOD

Koncept Internet of Things (IoT) predstavlja vrlo dobru podlogu za razvoj novih usluga i može se primjenjivati u raznim granama proizvodnje. Tako klasičnu poljoprivrednu proizvodnju zamjenjuje suvremena proizvodnja koja podrazumijeva korištenje novih tehnologija. Mnogi poljoprivrednici danas koriste razne uređaje koji im olakšavaju posao i štede vrijeme, a i novac. Masovno umrežavanje uređaja otvara potpuno novi pristup i mogućnosti upravljanja poljoprivredom. Od malih senzora i uređaja za praćenje pa sve do poljoprivrednih dronova i robota za uzgoj povrća. Svaki od tih uređaja omogućuje poljoprivrednicima praćenje stanja na farmi pomoću raznih softvera i sustava za upravljanje farmom. Poljoprivrednici mogu uz pomoć raznih aplikacija pratiti stanje na farmi te upravljati i donositi odluke pomoću svojih pametnih telefona, tableta ili računala na bilo kojem mjestu i u bilo koje vrijeme.

Jedna od tehnologija koja se uvelike primjenjuje u poljoprivredi je LoRa WAN (engl. Long Range Wide Area Network) tehnologija. LoRa WAN je širokopolasna mreža male snage i jedna je od najraširenijih LPWAN (engl. Low Power Wide Area Network) tehnologija. Razni LoRa WAN uređaji i senzori se koriste u poljoprivredi zbog jednostavne instalacije i integracije u već postojeći sustav. Služe za prikupljanje informacija iz okoline te slanje, obradu i pohranjivanje istih.

Cilj ovog rada je objasniti arhitekturu LoRa WAN tehnologije i prikazati vrste LoRa WAN senzora te njihovu primjenu u poljoprivredi. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Koncept Internet of Things (IoT)
3. Pametna poljoprivreda
4. LoRa WAN arhitektura
5. LoRa WAN senzori s primjenom u poljoprivredi
6. Studije slučaja
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je koncept Internet of Things, njegova arhitektura, prednosti i nedostaci te primjena u poljoprivredi.

U trećem poglavlju spominje se pametna poljoprivreda. Poblje su opisani informacijski sustavi upravljanja u koje spadaju poljoprivredni dronovi i razni sustavi za upravljanje farmom. Osim raznih softvera opisani su i roboti koji se koriste u poljoprivredi. Također se spominju pojmovi precizna poljoprivreda i precizno stočarstvo.

Četvrto poglavlje sastoji se od LoRa WAN arhitekture te su opisane razne vrste i klase LoRa WAN uređaja. Također se spominje sigurnost LoRa WAN mreže.

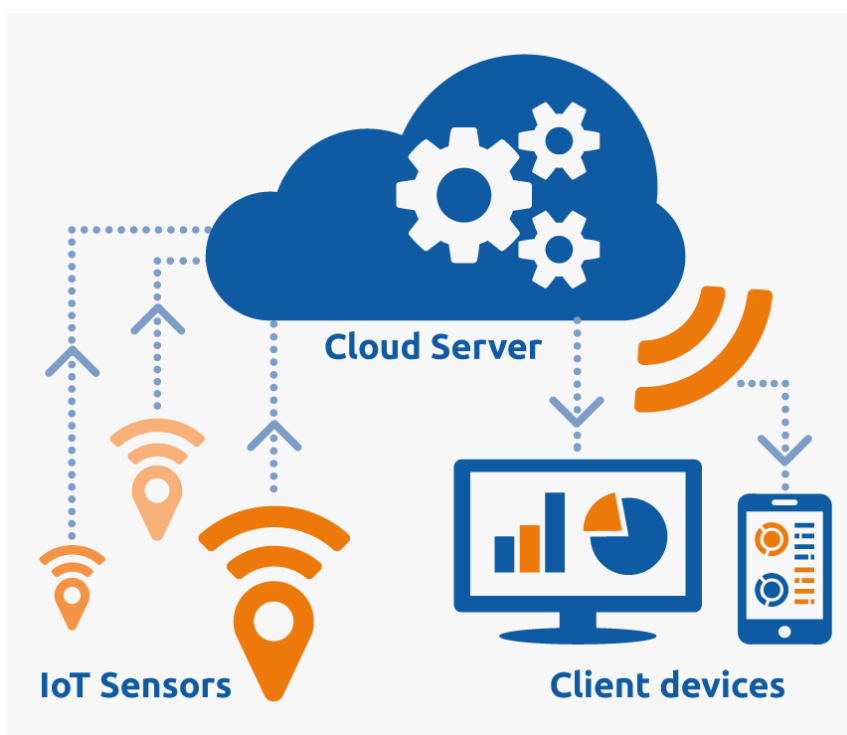
Iduće poglavlje pobliže opisuje razne vrste LoRa WAN senzora i njihovu primjenu u poljoprivredi.

Šesto poglavlje sastoji se od primjera upotrebe LoRa WAN tehnologije u poljoprivredi.

## 2.KONCEPT INTERNET OF THINGS

Internet of things (IoT) ili u prijevodu na hrvatski: Internet stvari, dinamična je globalna mrežna infrastruktura u kojoj fizičke (uređaji, senzori) i virtualne stvari (aplikacije) svih vrsta komuniciraju putem internetske veze te su nevidljivo integrirane. Međusobnu komunikaciju omogućuje bežično povezivanje koje donosi dodatne mogućnosti u kontroli i pružanju usluga.[1]

IoT se odnosi na korištenje inteligentno povezanih uređaja i sustava za iskorištavanje podataka prikupljenih pomoću senzora ugrađenih u strojeve i druge fizičke objekte. Za potrošače, IoT ima potencijal za isporuku rješenja koja uvelike poboljšavaju energetska učinkovitost, sigurnost, zdravlje, obrazovanje i mnoge druge aspekte svakodnevnog života. Za poduzeća, IoT može poduprijeti rješenja koja poboljšavaju donošenje odluka i produktivnost u proizvodnji, maloprodaji, poljoprivredi i drugim sektorima. [2]



Slika 1. Koncept IoT sustava [3]

Internet of Things koncept je 1999. godine izmislio član razvojne zajednice RFID-a (engl. Radio Frequency Identification), a taj koncept je postao popularniji zbog razvoja mobilnih uređaja, ugrađene i sveprisutne komunikacije, računalnog oblaka (engl. cloud) i analize podataka. [4]

Iako je Internet of Things najpopularniji pojam za opisivanje povezanog svijeta, postoje slični pojmovi koji imaju slično značenje [4]:

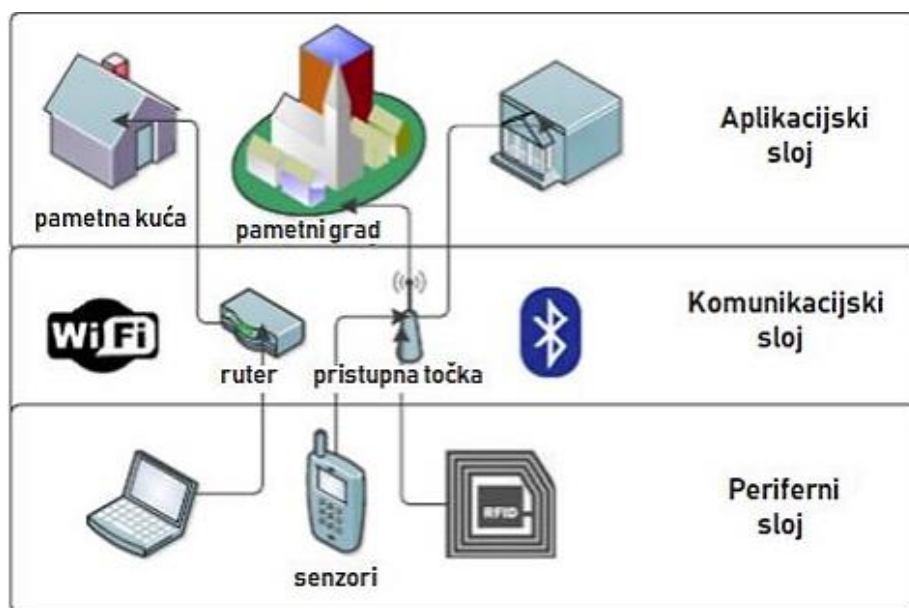


- Pojam M2M (engl. „Machine to machine“) upotrebljava se više od desetljeća, a poznat je u sektoru telekomunikacija. M2M komunikacija je u početku bila one-to-one veza, no razvojem komunikacijskih tehnologija može se komunicirati s širim rasponom uređaja.
- Industrijski IoT (Industrija 4.0.) – usredotočuje se samo na industrijska okruženja.
- Web stvari – mnogo uži opseg, isključivo se usredotočuje na arhitekturu softvera.
- Internet of Everything (IoE) – cilj IoE-a je uključiti sve vrste veza koje se mogu zamisliti. Ovaj koncept ima najviši doseg.

## 2.1. Arhitektura IoT tehnologije

Internet of Things se temelji na tri glavna tehnološka sloja [4]:

1. Sloj percepcije (hardverski sloj) – glavna zadaća ovog sloja su identifikacija objekata i prikupljanje podataka. Sastoji se od čipova, senzora, RFID oznaka, čitača/pisača RFID-a i jedinica za prikaz informacija (poput mobitela, tableta itd.).
2. Komunikacijski sloj – glavna zadaća ovog sloja je prijenos informacija koje se prikupljaju putem percepcijskog sloja. Dijelovi komunikacijskog sloja su bežične mreže, žičane mreže, Internet i sustavi upravljanja mrežom.
3. Aplikacijski sloj (softverski sloj) – glavna zadaća aplikacijskog sloja je pohrana podataka, analiza i otkrivanje događaja, inteligentna rješenja i obavljanje korisničkih potrebnih funkcija.



Slika 2. Arhitektura IoT-a [4]

## 2.2. Prednosti i nedostaci IoT tehnologije

Internet of Things, kao i druge tehnologije danas, ima još prostora za napretkom te ima svoje prednosti i nedostatke.

Neke od prednosti IoT-a [5]:

- Učinkovito korištenje resursa: Poznavanjem funkcionalnosti i načina na koji svaki uređaj radi povećava se učinkovito korištenje resursa, kao i nadzor prirodnih resursa.
- Smanjenje ljudskog napora: IoT uređaji međusobno komuniciraju i obavljaju zadatke umjesto nas te na taj način smanjuju ljudski napor.
- Ušteda vremena

IoT omogućuje niz prednosti, ali stvara i značajan skup izazova. Neki nedostaci IoT-a su [5]:

- Sigurnost: Zbog međusobne povezanosti i komuniciranja preko mreža, IoT sustavi su izloženi raznim vrstama mrežnih napada
- Privatnost: IoT sustav, bez aktivnog sudjelovanja korisnika, omogućava pristup osobnim podacima
- Složenost: Zahtjevno projektiranje, razvoj i održavanje IoT sustava.

## 2.3. IoT u poljoprivredi

Kako bi se povećala produktivnost i smanjile prepreke u poljoprivredi, potrebno je koristiti IoT tehnologiju. Danas se IoT transformira prema poljoprivrednoj industriji i omogućuje poljoprivrednicima da se natječu s golemim izazovima s kojima se suočavaju. Poljoprivrednici mogu dobiti informacije i znanje o najnovijim trendovima i tehnologiji koristeći IoT.

Očekuje se da će tržište pametne poljoprivrede dosegnuti 18,45 milijardi USD u 2022. godini, te je procijenjeno da je 75 milijuna IoT uređaja isporučeno za poljoprivrednu upotrebu u 2020. godini. IoT uređaji mogu biti od velike pomoći u povećanju proizvodnje i prinosa u sektoru poljoprivrede budući da se ti uređaji mogu koristiti za praćenje razine kiselosti tla, temperature i drugih varijabli. Štoviše, pametna poljoprivreda također će pomoći u praćenju produktivnosti i zdravlja stoke. IoT senzori sposobni su poljoprivrednicima pružiti informacije o prinosima usjeva, oborinama, napadima štetočina i ishrani tla koje su od neprocjenjive vrijednosti za proizvodnju i nude precizne podatke koji se mogu koristiti za poboljšanje poljoprivrednih tehnika tijekom vremena. [6]

Ključne prednosti korištenja IoT-a u poboljšanju poljoprivrede su sljedeće [6]:

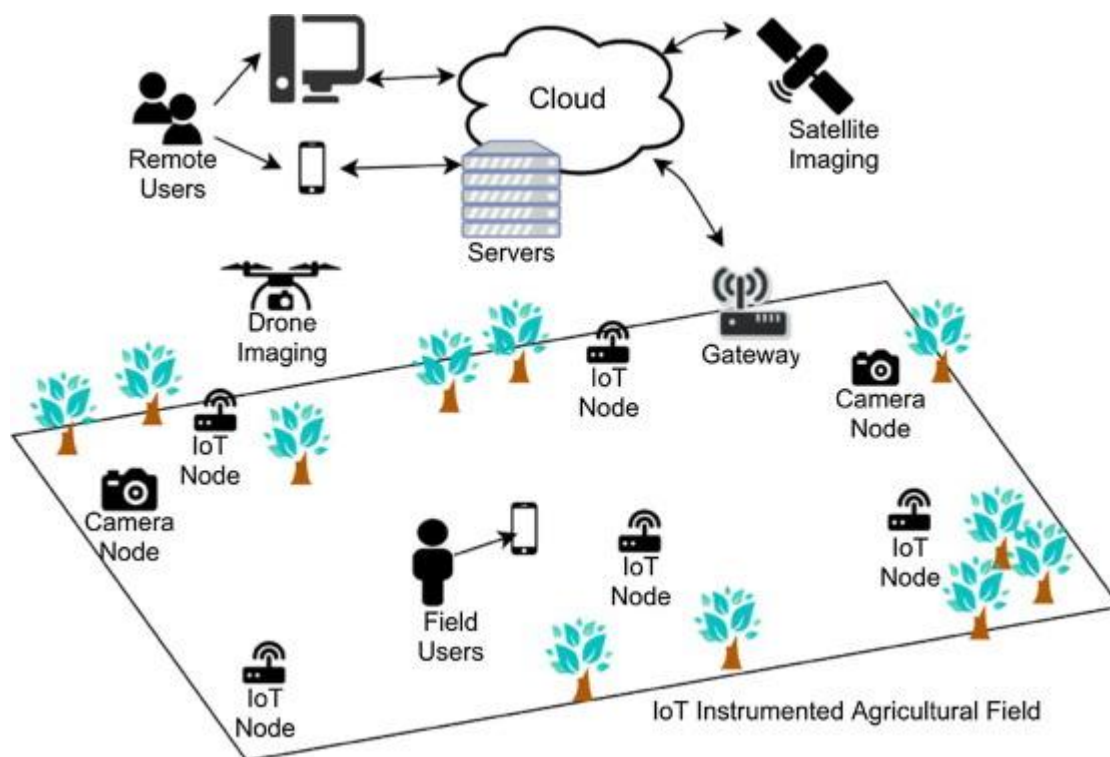
1. Upravljanje navodnjavanjem pomoću IoT senzora omogućuje učinkovito rješenje bez nepotrebnog rasipanja vode.

2. IoT pomaže u kontinuiranom nadzoru zemlje kako bi se mjere opreza mogle poduzeti u ranoj fazi.
3. Povećava produktivnost, smanjuje ručni rad, smanjuje vrijeme i čini poljoprivredu učinkovitijom.
4. Praćenjem usjeva može se lako promatrati rast usjeva.
5. Mogu se lako identificirati informacije kao što su PH razina tla i sadržaj vlage u tlu pomoću kojih poljoprivrednik može upravljati tlom i odlučiti kada će sijati sjeme.
6. Senzori i RFID čipovi pomažu u prepoznavanju bolesti koje se pojavljuju u biljkama i usjevima. RFID oznake šalju informacije čitaču i dijele se preko interneta. Poljoprivrednik ili znanstvenik može pristupiti ovim informacijama s udaljenog mjesta i poduzeti potrebne radnje. Usjevi se automatski mogu zaštititi od nadolazećih bolesti.
7. Poljoprivrednik se lako može povezati s globalnim tržištem bez ograničenja zemljopisnog područja te na taj način povećati prodaju usjeva na globalnom tržištu.

### 3.PAMETNA POLJOPRIVREDA

Poljoprivreda se sve više razvija i zbog toga se povećava potreba za pametnom poljoprivredom. Pametna poljoprivreda (engl. Smart Farming) je termin za primjenu podataka i komunikacijskih tehnologija (engl. Information and Communication Technologies; ICT) u poljoprivredi te se često koristi naziv Poljoprivreda 4.0. [7]

IoT tehnologije i IoT uređaji će uvelike pridonijeti poboljšanju pametne poljoprivrede. IoT djeluje u različitim domenama poljoprivrede kako bi poboljšao vremensku učinkovitost, upravljanje vodom, praćenje usjeva, upravljanje tlom, kontrolu insekticida i pesticida itd. Također smanjuje ljudske napore, pojednostavljuje tehnike poljoprivrede i pomaže u postizanju pametne poljoprivrede. Uz ove značajke, pametna poljoprivreda može pomoći u rastu tržišta za poljoprivrednike uz minimalne napore.



Slika 3. IoT sustav u poljoprivredi [8]

Pametna poljoprivreda, sa stajališta poljoprivrednika, bi trebala pružiti učinkovitije operacije upravljanja i iskorištavanja te donošenje pravovremenih i boljih odluka. Zbog toga je pametna poljoprivreda često povezana s tri tehnološka područja kojima se bavi Smart AKIS mreža (europska mreža koja integrira tehnologije pametnog uzgoja u europsku poljoprivrednu zajednicu) [9]:

- Informacijski sustavi upravljanja
- Precizna poljoprivreda
- Poljoprivredna automatizacija i robotika

### 3.1. Informacijski sustavi upravljanja

Informacijski sustavi upravljanja su sustavi za prikupljanje, obradu, pohranjivanje i distribuciju podataka u obliku potrebnom za rad na farmi, kao na primjer [7]:

- bespilotne letjelice
- Farm Management System
- sustav za nadzor tla
- precizno stočarstvo

#### 3.1.1. Poljoprivredni dronovi

Bespilotne letjelice (dronovi) u kombinaciji s IoT tehnologijom mogu donijeti veliki napredak u poljoprivrednom sektoru. Bespilotne letjelice povezane na Internet mogu poljoprivrednicima biti od velike koristi. Mogu se koristiti [8]:

- za izradu preciznih 3D karata koje su korisne za sadnju sjemena,
- u analizi tla mogu osigurati podatke za upravljanje razinama dušika u tlu i za navodnjavanje,
- za izbacivanje mahuna sa sjemenkama, kao i hranjivih tvari za biljke u tlo,
- za identifikaciju dijelova polja koja su suha ili zahtijevaju poboljšanja,
- za precizno praćenje sustava.



Slika 4. Poljoprivredni dron [10]

#### 3.1.2. Farm Management System

Sustav za upravljanje farmom (engl. Farm Management System; FMS) je sustav koji omogućuje poljoprivrednicima u prikupljanju i analizi informacija, uključujući i financijske podatke, potrebne za planiranje i provođenje složenih zadataka odlučivanja uz što manji rizik u pogledu vremenskih i drugih nepredviđenih događaja. [7]

Danas postoje razni softveri za upravljanje farmom koji pomažu poljoprivrednicima da s lakoćom upravljaju operacijama farme. Također pomažu u automatizaciji poljoprivrednih aktivnosti kao što su upravljanje zapisima, pohrana podataka, praćenje i analiza poljoprivrednih aktivnosti, te pojednostavljenje proizvodnje i rasporeda rada. Prednost takvih softvera je što se mogu koristiti na raznim mobilnim uređajima, bilo da se radi o Android telefonu, tabletu, iPad-u ili Windowsima. Neki od najpoznatijih softvera su:

- Agrivi - softver za upravljanje farmom koji pomaže farmerima da lako planiraju, prate i analiziraju sve aktivnosti na farmi. Omogućuje poljoprivrednicima da upravljaju svim aktivnostima na farmi, financijama, inventarom, radnom snagom i dobiju uvid u cjelokupnu sliku.
- Granular - poslovni paket za upravljanje farmama koji povezuje polje s uredom za produktivniju poljoprivredu. Omogućuje vlasnicima farmi da nadziru sve operacije na farmi preko mobilnog uređaja što omogućuje donošenje pravovremenih odluka.
- Trimble - jedino potpuno integrirano desktop, cloud i mobilno softversko rješenje koje povezuje cjelokupnu poljoprivrednu operaciju i dostupna je 24/7.
- FarmERP - trenutno najnaprednija i najuspješnija softverska platforma za upravljanje poljoprivrednim gospodarstvom koja se koristi za upravljanje i analizu podataka o farmama, poljoprivrednicima, nabavi, obradi i financijskim podacima.



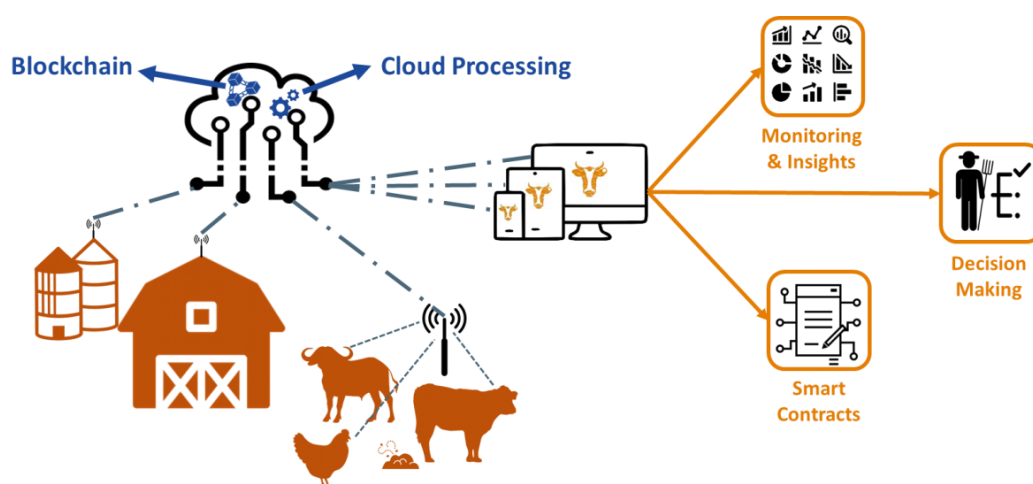
Slika 5. Usluge Agrivi platforme [11]

### 3.1.3. Precizno stočarstvo

Precizno stočarstvo uključuje primjenu bežičnih IoT aplikacija koje stočarima pomažu pri praćenju i upravljanju njihovim životinjama i farmom. Time se može unaprijediti ne samo zdravlje i dobrobit životinja nego i proizvodnja. Podaci dobiveni iz IoT aplikacija mogu se koristiti za identifikaciju bolesnih životinja kako bi se mogle držati podalje od stada i kako bi se spriječilo širenje bolesti. Stočari mogu lako identificirati lokaciju stoke bez dodatnih

troškova rada. Automatizirani načini mjerenja koji pokazuju dobrobit životinje mogu se odnositi na njezin okoliš, ponašanje i fiziologiju, kao i na njezin položaj s obzirom na značajke okoliša. [8]

Za automatizirano mjerenje ponašanja mogu se upotrijebiti različiti tipovi opreme koji se mogu postaviti na životinju, koji su na neki način povezani sa životinjom ili mogu biti udaljeni od nje. Premda je najzahtjevnija, kombinacija ovih metoda obično je i najučinkovitija. Male farme si nažalost vrlo često ne mogu priuštiti opremu kao što to mogu velike te je potrebno uložiti više napora u pronalaženje tehnoloških rješenja kojima će se moći koristiti male farme. Njihova primjena za učinkovito praćenje dobrobiti životinja zahtijeva dostupnu i sigurnu opremu kojom se lako rukuje i kojom se pravodobno dobivaju odgovarajući podaci upotrebljivi za različite aspekte dobrobiti životinja unutar stada. [12]



Slika 6. Koncept preciznog stočarstva [13]

### 3.2. Precizna poljoprivreda

Pojam „precizna poljoprivreda“ (engl. Precision agriculture ili Precision farming) podrazumijeva pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova, visoku produktivnost, smanjen broj operacija te najnižu cijenu rada. Temelji se na novo razvijenim informatiziranim strojnim sustavima, malom broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim mogućnostima. [14]

Čimbenici koji određuju rast usjeva i proizvodnju razlikuju se od regije do regije. Iako su poljoprivrednici toga svjesni, nedostaju im alati i tehnike za precizno mjerenje i upravljanje tim varijacijama. Precizna poljoprivreda koja se bavi upravljanjem varijacijama točno na polju kako bi se dobilo više proizvoda hrane koristeći manje resursa i uz niske troškove. [8]

Precizna poljoprivreda sadrži sustave podrške odlučivanju (engl. Decision Support Systems; DSS) za upravljanje cijelim poljoprivrednim gospodarstvima s ciljem optimizacije povrata ulaganja uz očuvanje resursa širokom uporabom GPS-a (engl. Global Positioning

System), GNSS-a (engl. Global Navigation Satellite System), analize digitalnih slika dobivenih uz pomoć dronova, što omogućuje kreiranje karata prostorne varijabilnosti različitih parametara biljne proizvodnje (npr. prinosa usjeva, te razne značajke terena kao što su sadržaj organske tvari, vlaga tla, razina dušika itd.). [7]

Razvoj precizne poljoprivrede započeo je uvođenjem GIS (engl. Geographic Information System) i GPS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji, a glavni cilj je dati na raspolaganje što veći broj preciznih informacija poljoprivredniku prilikom donošenja odluka. Korištenjem GIS sustava optimiziraju se inputi i definiraju outputi za zadovoljavanje potrošača u realnom vremenu. GIS tehnologija pomaže kod povezivanja podataka za analizu i planiranje proizvodnje, kao i kartografski pregled i informativna izvješća o zemljištu i uzgajanoj kulturi.

### 3.3. Poljoprivredna automatizacija i robotika

Razvojem robotike, satelitskih i navigacijskih sustava, ukazala se prilika za razvojem naprednih sustava i tehnologija u poljoprivredi. Primjenom robotike i tehnike umjetne inteligencije vidi se napredak u pogledu sigurnosti obavljanja operacija, te se povećava preciznost i kvaliteta rada. Neki od robota, kontroliranih umjetnom inteligencijom, koji se koriste na farmama su:

- Farmbot je prikladan za uzgoj povrća te nudi funkcije sadenja i zalijevanja biljaka ovisno o tipu i starosti biljke. Koristi kameru kako bi skenirao vrt i detektirao biljke te na taj način donositi pravovremene odluke. Uz Farmbot-a dolazi i softver pomoću kojega se upravlja Farmbot-om i može se instalirati na mobilni uređaj, tablet ili računalo te poput video igre upravljati vrtom. Postoje dva tipa Frambot-a, prvi je Genesis koji automatski mijenja alate za različite aktivnosti u vrtu (sadenje, zalijevanje, uklanjanje korova...) te se više koristi za profesionalnu primjenu, dok Express model može koristiti bilo tko jer sadrži osnovne funkcije za izgradnju vrta. Oba modela dolaze u standardnoj i XL veličini te se mogu koristiti u vrtu iza kuće, učionici, laboratoriju za istraživanje te za eksperimentalnu primjenu.
- Hortibot je robot koji pomaže poljoprivrednicima s korovom. Pomoću GPS-a može prepoznati 25 različitih vrsta korova i ukloniti ih pomoću svojih alata za uklanjanje korova. Također je ekološki prihvatljiv jer prska točno iznad korova i jer je lagan (između 200 i 300 kg) pa neće ozlijediti tlo iza sebe.
- Farmdron





Slika 7. Farmbot Express XL [15]



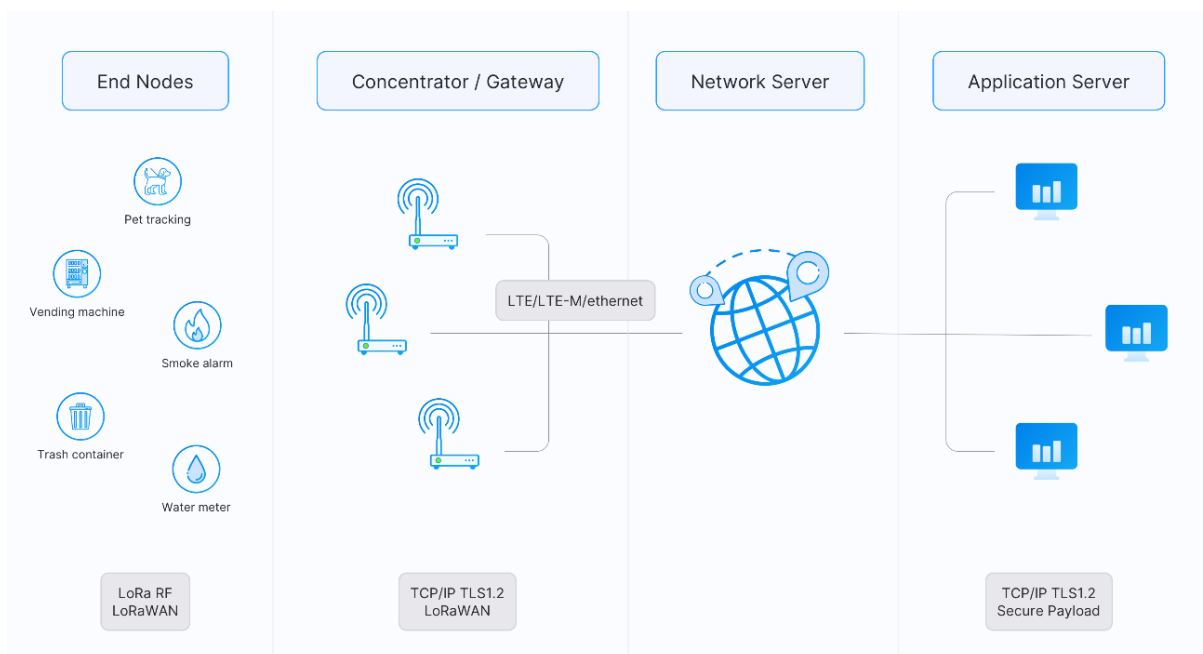
Slika 8. Hortibot [16]

## 4.LoRa WAN ARHITEKTURA

Mreža širokog područja i velikog dometa (engl. Long Range Wide Area Network; LoRa WAN) je protokol za kontrolu pristupa medijima (engl. Media Access Control; MAC) za mreže širokog područja (engl. Wide Area Network; WAN). Dizajniran je da omogući komunikaciju uređajima niske potrošnje sa aplikacijama putem Interneta. LoRa WAN nalazi se na drugom i trećem sloju OSI (engl. Open Systems Interconnection) modela. LoRa (engl. Long Range) je bežični komunikacijski sustav dugog dometa prijenosa podataka namijenjen upotrebi na dugotrajnim uređajima koji rade pomoću baterija, gdje je potrošnja energije od velike važnosti. [17]

LoRa WAN mrežna arhitektura je implementirana u topologiji zvijezda, te se sastoji od slijedećih elemenata [17]:

- krajnji uređaj (engl. end nodes) – senzori ili aktuatori koji rade na baterije
- pristupnici (engl. gateways) – antene koje primaju informacije od krajnjih uređaja i šalju ih mrežnom poslužitelju
- mrežni poslužitelj (engl. network server) – poslužitelj koji preusmjerava informacije dobivene od pristupnika prema aplikacijskom poslužitelju
- aplikacijski poslužitelj (engl. application servers) – dio softvera koji se izvodi na poslužitelju odgovornom za obradu podataka



Slika 9. Arhitektura LoRa WAN mreže [17]

## 4.1. LoRa WAN uređaji

LoRa WAN uređaji se dijele na: krajnje uređaje, pristupnike i module.

### 4.1.1. LoRa WAN krajnji uređaji

Uloga krajnjih uređaja (engl. end nodes) je da šalju poruke pristupnicima (engl. gateways) s kojima su bežično povezani LoRa WAN mrežom. Neki od LoRa WAN krajnjih uređaja:

1. LoRa WAN senzor pokreta – LW007-PIR je senzor kretanja koji je uglavnom za unutarnje primjene (npr. za ured) s PIR (engl. Passive Infrared) detekcijom prisutnosti, magnetska indukcija vrata te praćenje temperature i vlažnosti. Karakteristike ovog senzora su male dimenzije, rad na baterije, lako prenosivi i jednostavna instalacija. Može se postaviti na strop ili zid i fiksirati vijcima, a podržava i 3M ljepilo. LW007-PIR senzor nakon što detektira podatke o kretanju ili temperaturi i vlažnosti šalje podatke na poslužitelj putem LoRa WAN-a. Na temelju dobivenih podataka poslužitelj može pratiti trenutne promjene u okolini, pravovremeno rješavati anomalije, te napraviti statističku analizu podataka. [18]



Slika 10. LW007-PIR senzor pokreta [18]

2. LoRa WAN GPS Tracker – LW001-BG je uređaj s ugrađenim 9-osnim senzorima kretanja i GPS praćenjem. Može se koristiti u zatvorenim prostorima, kao što su skladišta, za upravljanje imovinom ili na otvorenom za praćenje stoke. Koristi Wifi i Bluetooth tehnologiju pozicioniranja za prikupljanje informacija u zatvorenom prostoru i GPS tehnologiju na otvorenom. Instalacija ovog uređaja može biti različita, pomoću vijaka, dvostrane trake, vodilica, ovratnika ili narukvica. [18]



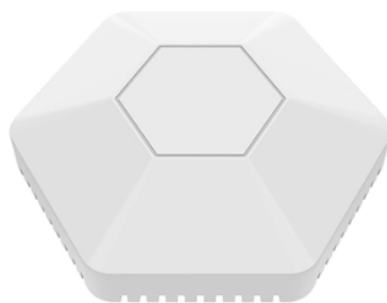
Slika 11. LW001-BG GPS Tracker [18]

3. LoRa WAN senzor temperature i vlage – LW002-TH je senzor za mjerenje temperature i vlažnosti koji za razliku od drugih senzora ima napajanje 800mAh i ugrađenu bateriju koja se ne puni. Vijek trajanja baterije je oko 10 godina što ovisi o čimbenicima okoliša, intervalu prijenosa i brzini prijenosa podataka. Može se koristiti u zatvorenim prostorima ili na otvorenom. Dostupne su tri vanjske sonde: standardna sonda SHT30, voodotporna sonda SHT30 i PT100 voodotporna sonda koja je ograničena samo na potporu i osjet temperature. [18]



Slika 12. Vrste LW002-TH sondi za mjerenje temperature i vlage [18]

4. LoRa WAN Bluetooth Gateway – LW003-B integrira Bluetooth i LoRa WAN bežičnu komunikaciju te može skenirati i prenositi podatke na LoRa WAN pristupnik, a zatim na poslužitelj kako bi se ostvario nadzor okoliša i pozicioniranje u zatvorenom prostoru. Može se koristiti za praćenje osoblja u školama, bolnicama i drugim javnim ustanovama. [18]



Slika 13. LoRa WAN Bluetooth pristupnik [18]

- LoRa WAN Contact Tracker – LW004-CT je uređaj koji je dizajniran za praćenje bliskih kontakata, a može se koristiti i kao podsjetnik za socijalnu sigurnosnu distancu. Dolazi u kombinaciji s tipkom za paniku koja se može koristiti u slučaju kada korisnik ima napadaj panike. Tipka za paniku može biti i zaseban uređaj koji se zove LW004-PB. [18]



Slika 14. Uređaj LW004-CT i slučaj njegove uporabe [18]

#### 4.1.2. LoRa WAN pristupnik

Uloga pristupnika (engl. gateway) je da prima poruke od krajnjih uređaja (engl. end nodes) i prosljeđuje ih dalje prema mrežnom poslužitelju (engl. network server). LoRa WAN pristupnici se mogu kategorizirati u unutarnje i vanjske pristupnike. Unutarnji pristupnici su isplativiji i pružaju bolju pokrivenost na mjestima kao što su podrumi ili prostorije s više zidova, dok vanjski pristupnici pružaju veću pokrivenost u ruralnim i urbanim područjima. Vrste LoRa WAN pristupnika:

1. MKGW2-LW je LoRa WAN pristupnik s 8 kanala koji se koristi u zatvorenom prostoru za potrebe kućne ili tvorničke automatizacije. Nudi različite načine napajanja i ima impresivno trajanje baterije. Omogućuje neprekidnu povezanost putem WiFi ili mrežnog porta koji je stabilan i pouzdan. [18]



Slika 15. MKGW-LW LoRa WAN pristupnik [18]

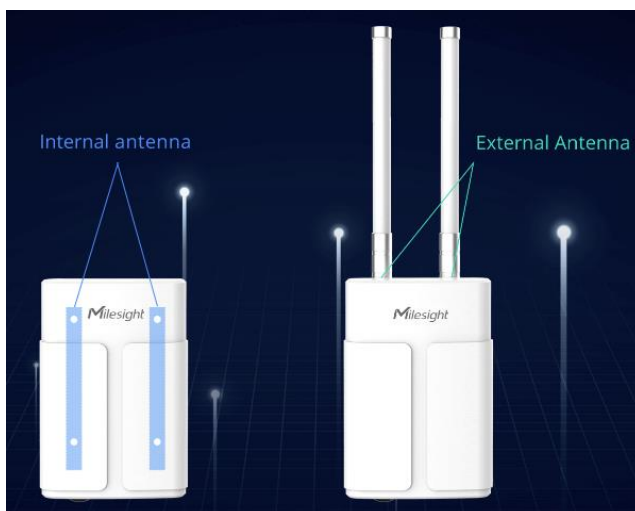
2. UG65 je LoRa WAN pristupnik sa NXP četverojezgrenim procesorom i Semtech SX1302 LoRa čipom. Kompatibilan je s više mrežnih poslužitelja i sadrži ugrađeni mrežni poslužitelj. Pokriva radijus od 2 km i može primiti podatke od 8 krajnjih uređaja istovremeno. [19]



Slika 16. UG65 LoRa WAN pristupnik [19]

3. UG67 je LoRa WAN pristupnik za uporabu na otvorenom. Sastoji se od novog SX1302 LoRa čipa i ima integrirane unutarnje LoRa, mobile, WiFi i GPS antene, dvije vanjske LoRa antene su opcionalne za jačanje pokrivenosti signalom. Ima ugrađeni mrežni

poslužitelj i kondenzator koji mu omogućuje da radi minutu nakon nestanka struje za slanje upozorenja. Može primiti podatke s osam krajnjih uređaja istovremeno i podržava do dvije tisuće krajnjih uređaja. [19]



Slika 17. UG67 LoRa WAN pristupnik s unutarnjom i vanjskom antenom [19]

4. UG63 je mini LoRa WAN pristupnik veličine diska. Sadrži Semtech SX1302 LoRa čip koji mu omogućava povezivanje s više od dvije tisuće LoRa WAN čvorova. Sastoji se od osam full duplex kanala. Posebno je prikladan za pružanje mrežne pokrivenosti za mrtve točke u zatvorenom prostoru. [19]



Slika 18. UG63 LoRa WAN pristupnik [19]

#### 4.1.3. LoRa WAN moduli

Neke vrste LoRa WAN modula:

1. MKL62 – RF (engl. Radio Frequency) modul male snage koji omogućuje komunikaciju na udaljenosti do 10 km. Koristi se u aplikacijama s niskom potrošnjom za praćenje lokacije.

2. MKL6BA – To je standardni LoRa WAN modul proizveden od strane MOKO technology Ltd. Osigurava nisku potrošnju energije uz veliki doomet, do 10 km, pomoću LoRa radio veze.
3. MKL11BC – LoRa WAN modul koji se temelji na lokaciji i ima 3 pozicioniranja: Bluetooth pozicioniranje, LP-GPS pozicioniranje i WiFi pozicioniranje.
4. MKLC68BA – LoRa WAN modul s malim gubicima i niskom snagom prikladan za industrijske uređaje s radnom temperaturom od -40 °C do 85 °C



Slika 19. LoRa WAN moduli [18]

## 4.2. LoRa WAN klase uređaja

LoRa WAN uređaji se dijele u tri klase: klasa A, klasa B i klasa C. Svi LoRa WAN uređaji moraju implementirati klasu A, dok su klasa B i klasa C proširenja klase A. [20]

### 4.2.1. Klasa A

Svi LoRa WAN krajnji uređaji moraju podržavati klasu A koja je ujedno i osnovna klasa. Komunikaciju klase A uvijek pokreće krajnji uređaj. Svaki prijenos uzlaznom vezom se može poslati u bilo kojem trenutku te nakon toga slijede dva prozora silazne veze koji daju mogućnost dvosmjerne komunikacije. Krajnji uređaji klase A najčešće se napajaju baterijama, imaju malu potrošnju energije te većinu vremena provode u stanju mirovanja. Takvi uređaji se koriste za praćenje okoliša ili životinja, otkrivanje curenja vode ili rano otkrivanje potresa.

### 4.2.2. Klasa B

U klasu B spadaju dvosmjerni krajnji uređaji s determinističkim kašnjenjem u silaznoj vezi. Pored okvira za prijam koje pokreće klasa A, uređaji klase B su sinkronizirani s mrežom koristeći periodičke signale (engl. beacons) koji im omogućuju slanje komunikacije silazne veze s determinističkim kašnjenjem, ali s dodatnom potrošnjom energije na krajnjem uređaju. Trajanje baterije uređaja klase B je kraće nego u klasi A jer uređaj provodi više vremena u aktivnom načinu rada.

### 4.2.3. Klasa C

Pored strukture klase A gdje nakon uzlazne veze slijede dva okvira silazne veze, klasa C dodatno smanjuje kašnjenja silazne veze na način da prijemne prozore krajnjeg uređaja drži otvorenim. Na taj način mrežni poslužitelj može u bilo kojem trenutku pokrenuti prijenos



silaznom vezom s pretpostavkom da je krajnji uređaj slobodan. To troši mnogo više energije od uređaja klase A i zbog toga se uređaji klase C često napajaju iz mreže.

### 4.3. Sigurnost LoRa WAN mreže

LoRa WAN mreža koristeći provjeru autentičnosti i enkripciju je vrlo sigurna no mreže i uređaji mogu biti ugroženi ako sigurnosni ključevi nisu nasumično raspoređeni na uređajima ili ako se kriptografski brojevi koji su korišteni jednom ponovno koriste. LoRa WAN za razliku od drugih IoT tehnologija nudi end – to – end enkripciju.

LoRa WAN koristi tri 128 bitna sigurnosna ključa [17]:

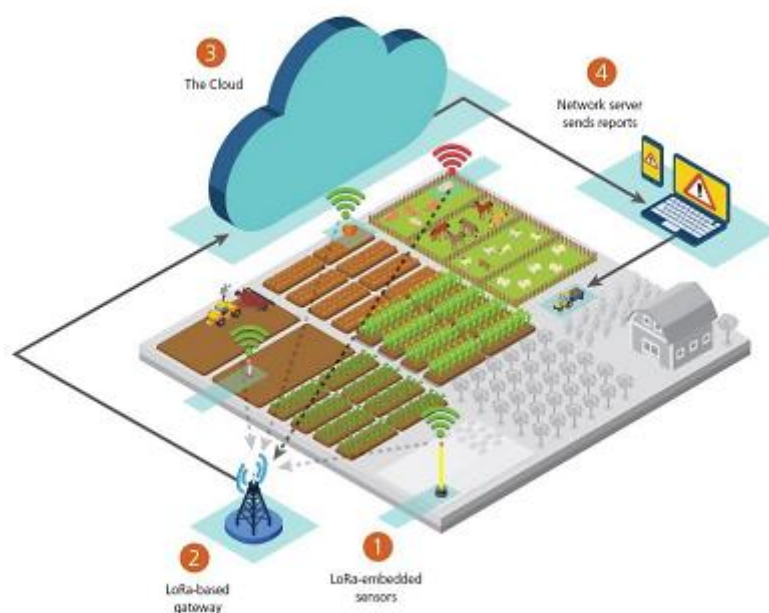
- NwkSKey - ključ mrežne sesije se koristi za interakciju između čvora i mrežnog poslužitelja i za provjeru integriteta svake poruke
- AppSKey – ključ sesije aplikacije se koristi za šifriranje i dešifriranje korisnih podataka i ostaje privatn za razliku od ključa mrežne sesije koji se dijeli s mrežom
- AppKey – ključ aplikacije koristi se za izvođenje dva ključa sesije tijekom postupka aktivacije i on je poznat samo uređaju i aplikaciji

LoRa WAN se oslanja na simetričnu kriptografiju koja zahtijeva dijeljenje ključeva na siguran način. Članovi LoRa saveza (engl. LoRa Alliance) su razvili LoRa WAN pozadinska sučelja koja izoliraju pohranu ključeva u serveru za pridruživanje te mnoga druga rješenja koja pružaju dodatnu fizički zaštitu hardvera od neovlaštenog mijenjanja.

## 5.LoRa WAN SENZORI S PRIMJENOM U POLJOPRIVREDI

LoRa WAN bežični senzori dugog dometa male snage mogu slati podatke s farme u oblak putem privatnih ili javnih mreža. Na taj način poljoprivrednici imaju jednostavan pristup informacijama. Uređaji koje poljoprivrednici koriste najčešće su bežični zbog jednostavnije instalacije i napajaju se na baterije. Solarna energija je u ovom slučaju neučinkovita jer, kako biljke rastu, njihovo lišće zaklanja ploče i slične učinke imaju blato i prašina. Uglavnom se koriste AA baterije koje omogućuju rad uređaja godinama i jedno su od jeftinijih rješenja. [21]

Razni senzori postavljeni na području cijele farme prikupljaju podatke te ih šalju na LoRa pristupnik koji ih dalje prosljeđuje na oblak gdje se svi podaci analiziraju pomoću određene aplikacije. Nakon obrade podataka aplikacija šalje podatke poljoprivredniku putem mobilnog uređaja ili računala.



Slika 20. Primjena LoRa WAN mreže u poljoprivredi [22]

### 5.1. Područja primjene LoRa WAN senzora

LoRa WAN senzori se koriste [21]:

- u meteorološkim stanicama: Ovi senzori prate vremenske prilike i pomažu poljoprivrednicima odlučiti kada je najbolje sijati, kada i koliko navodnjavati, kada i koliko prskati gnojivima i pesticidima te treba li zaštititi usjeve od mraza. Senzori pružaju podatke kao što su temperatura, vlažnost, atmosferski tlak, količina oborina i brzinu vjetra. Senzori dobavljača kao što su Pessl Instruments i MCF88 prenose podatke svakih 15 minuta.

- za određivanje vlažnosti tla: Senzori vlage u tlu pomažu poljoprivrednicima u donošenju odluka o navodnjavanju. Senzori dobavljača Sensoterra mjere u zoni korijena kako bi osigurali optimalno navodnjavanje usjeva te su kompatibilni sa raznim vrstama tla. Instalacija senzora je jednostavna i fleksibilna što znači da se mogu lako premješati po terenu na temelju potreba za navodnjavanjem.
- Za određivanje statusa gnojidbe tla: Ovi senzori omogućuju poljoprivrednicima prikupljanje i pristup podacima o kvaliteti tla. Dobavljači nude senzore koji su jednostavni za instalaciju i nakon postavljanja u tlo šalju podatke i upozorenja u stvarnom vremenu. Na taj način poljoprivrednici mogu usmjeriti gnojidbu na područja kojima je potrebna ili minimalizirati na područjima koja već imaju odgovarajuću razinu.
- Za navodnjavanje: Senzori za navodnjavanje omogućuju poljoprivrednicima izbjegavanje preranog ili prekasnog navodnjavanja i na taj način štede vrijeme i smanjuju ljudske intervencije (npr. ručno uključivanje/ isključivanje opreme za navodnjavanje). Waterbit ili Robeauovi uređaji omogućuju praćenje i upravljanje potrošnjom vode na farmama te slanje upozorenja u slučaju curenja na mobilni uređaj.
- U plastenicima: Tijekom sadnje u stakleniku senzori na odgovarajućim pozicijama mogu procijeniti sastav tla u svim dijelovima staklenika. Ovi senzori prikupljaju informacije o navodnjavanju, gnojidbi, vlažnosti i temperaturi zraka i razini CO<sub>2</sub>.

## 5.2. LoRa WAN senzori

U nastavku slijede LoRa WAN senzori koji se koriste u poljoprivredi:

1. EM300-TH je senzor temperature i vlažnosti kompatibilan s LoRa WAN pristupnicima. Ima doomet do 15 km u ruralnim i 2 km u urbanim područjima. Sadrži zamjenjivu bateriju s vijekom trajanja do 10 godina.
2. EM500-CO<sub>2</sub> je senzor za mjerenje koncentracije plinovitog ugljičnog dioksida i podržava mjerenje temperature i vlažnosti. Koristan je za primjenu u staklenicima i skladištima voća i povrća. Sadrži ugrađenu bateriju velikog kapaciteta od 19000 mAh koja se može koristiti 10 godina. Ima nisku potrošnju energije i jednostavan je za korištenje.
3. EM500-SMTC je senzor za vlažnost tla, temperaturu i električnu vodljivost. Prikuplja podatke kao što su vlažnost, sadržaj tla, brzina vjetra, količina padalina, dušik, fosfor i kalij.
4. EM500-SWL je senzor dizajniran za mjerenje razine spremnika ili za primjenu u otvorenoj vodi dok je potpuno uronjen u tekućinu. Vodootporan je te na njega ne utječe pjena, vjetar ili kiša.

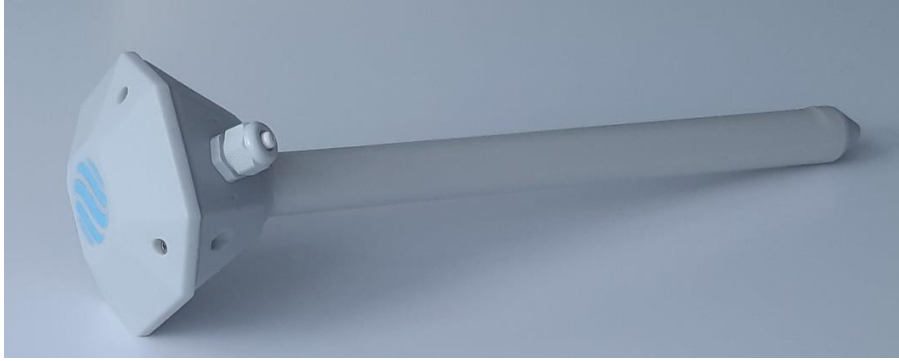
5. EM500-UDL je senzor koji se koristi za praćenje poplava, upravljanje otpadnim vodama, praćenje razine punjenja u žitaricama ili gnojivu. Raspon mjerenja je od 0.3 do 10 metara.
6. Dragino LDDS75 je LoRa WAN senzor za otkrivanje udaljenosti. Mjeri udaljenost između sonde i ravnog predmeta koristeći tehnologiju ultrazvučnog senzora.
7. Dragino LHT65 je senzor temperature i vlažnosti dugog dometa. Uključuje ugrađeni senzor temperature i vlažnosti SHT20.
8. Dragino LSE01 je senzor vlage u tlu koji detektira vlažnost, temperaturu i vodljivost tla.
9. RSMT3L je senzor vlage i temperature koji može mjeriti vlažnost i temperaturu tla na šestoj dubinskoj razini i temperaturu zraka. Vrlo je jednostavan za instalaciju. Senzor koristi kapacitivnu metodu mjerenja vlage i RTD metodu mjerenja temperature. Ovaj senzor nema izravan električni kontakt s tlom što znači da je isključeno ometanje elektroda.



Slika 21. Dragino LSE01 senzor vlage u tlu



Slika 22. Dragino LHT65 senzor temperature i vlage



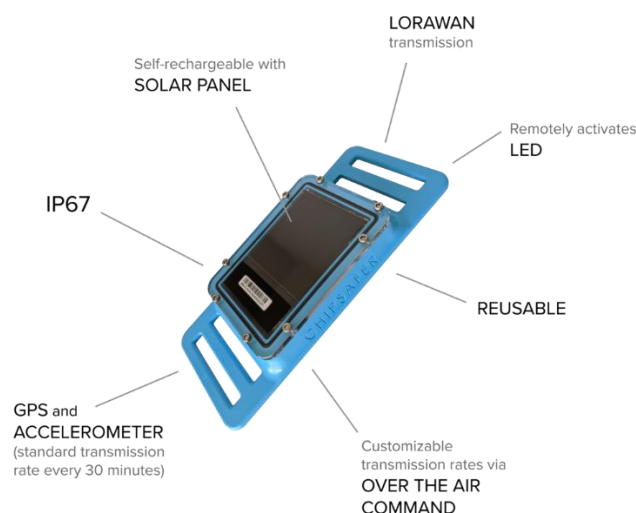
Slika 23. RSMT3L senzor vlage i temperature

## 6. STUDIJE SLUČAJA

### 6.1. Praćenje stoke

Razni uređaji za praćenje kretanja i za praćenje zdravlja stoke uvelike su pomogli poljoprivrednicima. Poljoprivrednici koriste LoRa WAN module koji se instaliraju na kravu za lakše i učinkovitije praćenje. LoRa WAN modul omogućuju poljoprivrednicima praćenje kretanja stoke te u slučaju da krava nije na terenu farme šalje alarm. Osim kretanja krava, LoRa WAN modul prati i zdravlje krave. Cijena instalacije modula je niska i može uvelike smanjiti gubitak poljoprivrednika

Jedan od takvih uređaja je Chipsaferov uređaj za praćenje stoke. Chipsafer se sastoji od hardverske i softverske platforme. Chipsaferov uređaj je pričvršćen na ogrlicu koja se nalazi oko vrata stoke. Uređaj se sastoji od GPS-a i akcelerometra pomoću kojih prikuplja informacije iz okoline te ih šalje LoRa WAN mrežom poslužiteljima na obradu i analizu. Samostalno se puni pomoću solarne ploče i vrlo je robustan kako bi izdržao sve vremenske uvjete, udarce, ogrebotine i blato. Može se koristiti ponovno na različitim životinjama i ima vijek trajanja deset godina. Softverska platforma omogućuje digitalno upravljanje cijelom farmom i prikaz položaja stoke u stvarnom vremenu. Prednost web platforme je da se poljoprivrednik može prijaviti s bilo kojeg mjesta i biti u mogućnosti vidjeti položaj i stanje svoje stoke. Još jedna od prednosti je da poljoprivrednik može iscrtati digitalne granice svoje farme i na taj način dobiti upozorenje ako životinje pređu granicu. Osim položaja stoke ovaj softver pruža izradu baze podataka o životinjama kako bi se pratila njihova genealogija, kalendar cijepljenja, plan prehrane i drugo. [23]

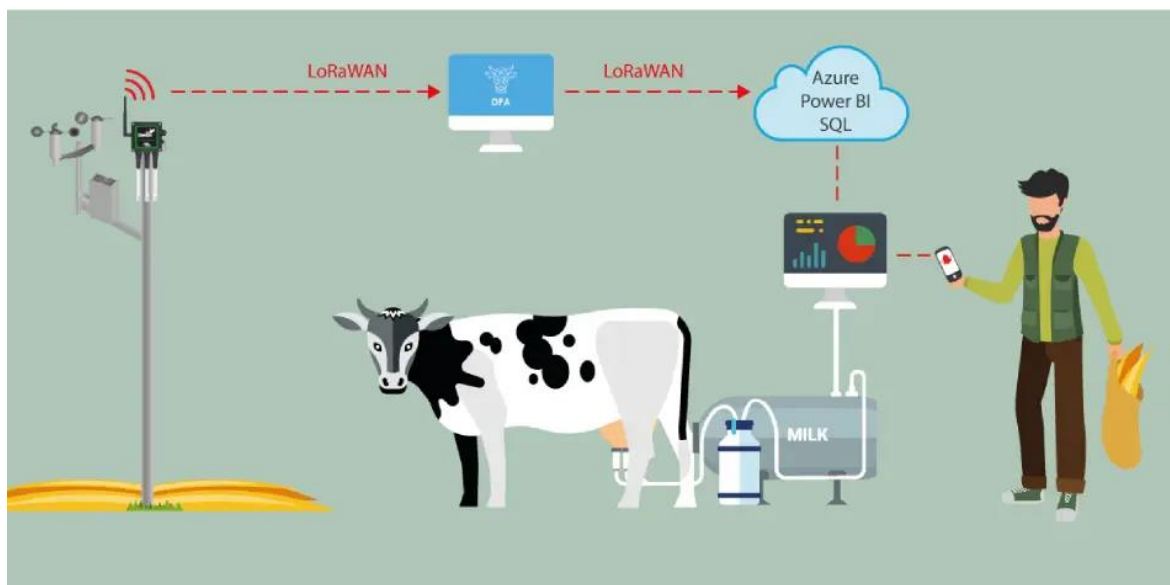


Slika 24. Chipsaferov uređaj za praćenje stoke [23]



Slika 25. Ogrlica s uređajem za praćenje [23]

LoRa WAN modul se primjenjuje u mliječnim farmama za otkrivanje razdoblja tjeranja krava. Razdoblje tjeranja krave može se odrediti promatranjem tjelesne temperature i sadržaja estrogena i drugih srodnih hormona na kravi. Na taj način se prati zdravlje krave za skraćivanje intervala teljenja koje će povećati stopu oplodnje i mliječnost krava. Senzor također može alarmirati farmera kada će krava roditi. Korištenje modula značajno poboljšava prihod i kvalitetu mlijeka na farmi. [18]



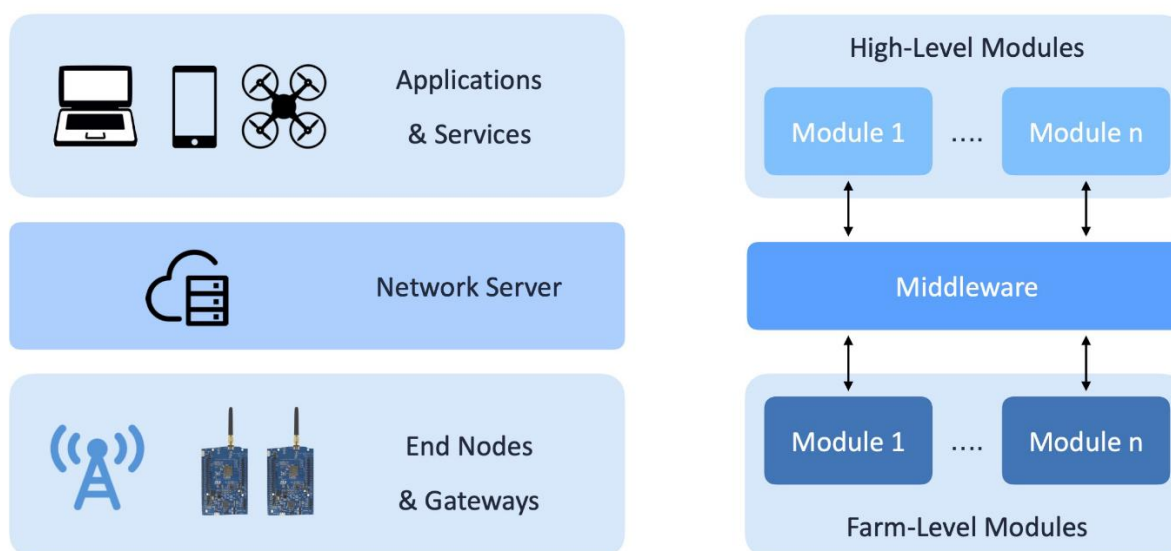
Slika 26. Primjena LoRa WAN modula [18]

## 6.2. LoRa Farm

Implementacija LoRa Farm potvrđena je u Italiji na farmi pod nazivom „Podere Campaz“ koja se sastoji od vinograda, staklenika, nekoliko redova voća i košnica. Na farmi se uzgaja voće, povrće, začinsko bilje, cvijeće, vinova loza i pčele.

Arhitektura LoRa Farm se temelji na LoRa WAN arhitekturi i ima glavne elemente, a to su krajnji uređaj, pristupnik, mrežni poslužitelj i aplikacijski poslužitelj. Krajnji uređaji se dijele na:

1. Sensore – koji prikupljaju podatke iz okoliša i šalju ih poslužitelju koristeći LoRa modulaciju
2. Aktuatore – koji automatiziraju procese na farmi

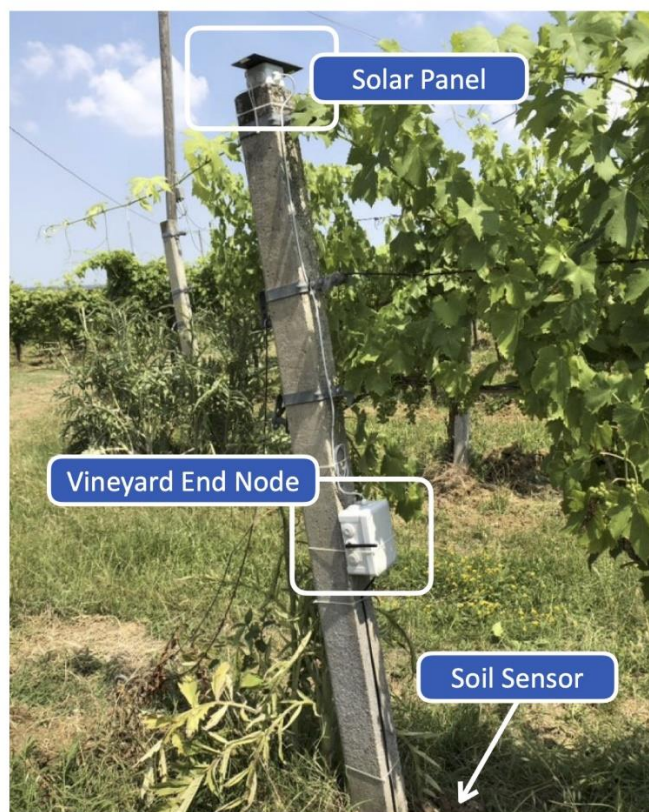


Slika 27. Usporedba LoRa WAN arhitekture (lijevo) i LoRa Farm slojeva (desno) [24]

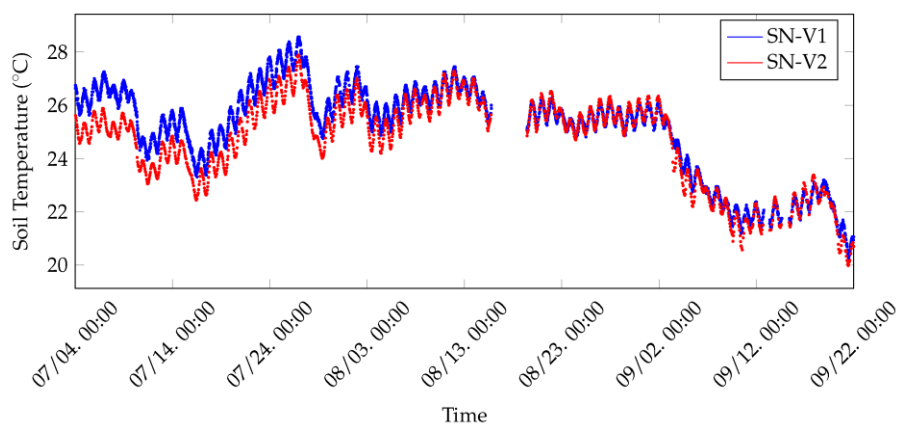
LoRa Farm se dijeli na module visoke razine koji su odgovorni za povezivanje platforme s poljoprivrednikom, middleware koji služi kao sloj povezivanja farme i pozadinske domene te se odnosi na skup entiteta i tehnologija i module na razini farme koji su instalirani na farmi (npr. senzori i aktuatori). Modul farme se dijeli na modul vinograda, koji je koristan za praćenje vlage i temperature u tlu, i modul staklenika, koji prikuplja uvjete okoliša staklenika.

Vinogradarski modul ima svrhu prikupiti informacije kao što su vlažnost i temperatura tla kako bi olakšali poljoprivredniku planiranje navodnjavanja i drugih operacija u vinogradu. Sastoji se od dva krajnja uređaja, jedan koji obavlja očitavanje senzora i prosljeđuje podatke te se sastoji od LoRa WAN primopredajnika i antene, i drugog koji je vodootporan senzor tla. Također se sastoji od baterije koja se puni pomoću solarne ploče. U vinogradu su raspoređena dva čvora: SN-V1 koji je opremljen senzorom SHT10 i drugi koji je opremljen senzorom DS18B20. Na slici 27. je prikazan vinogradarski modul SN-V1 i njegovi dijelovi. [24]



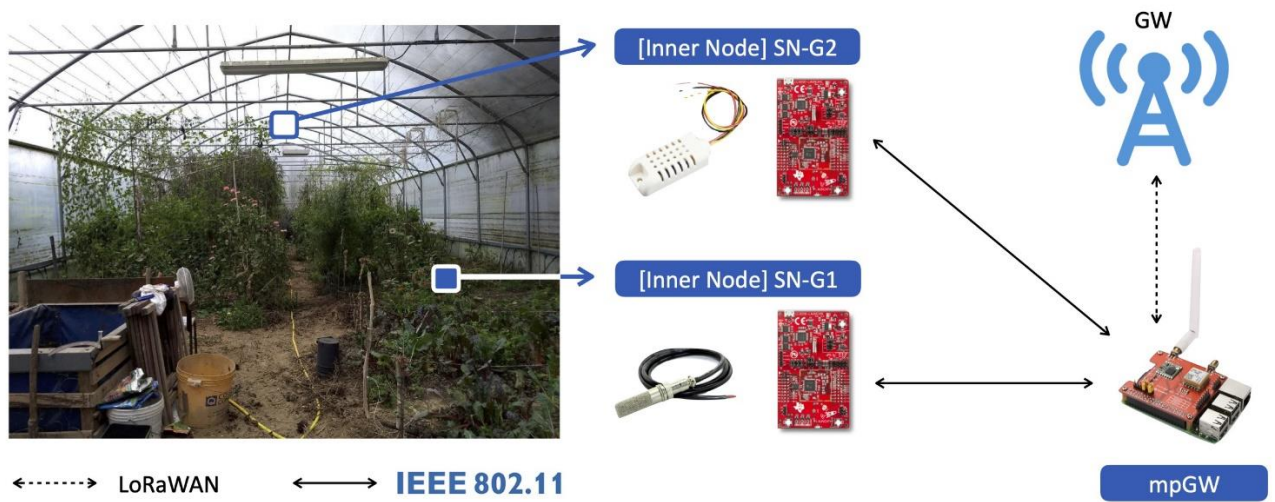


Slika 28. Vinogradarski modul [24]

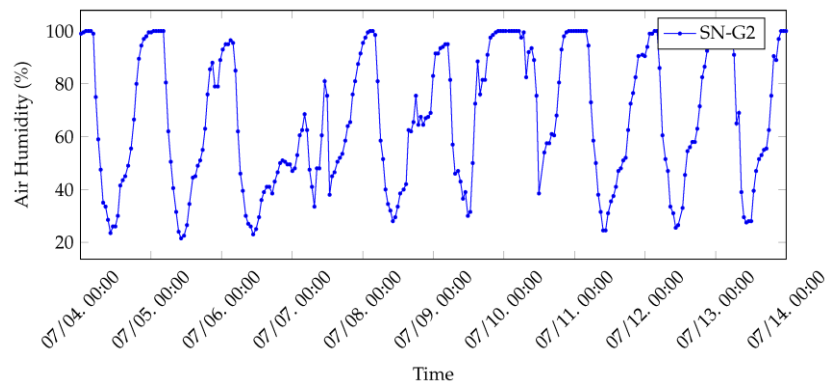


Slika 29. Temperature tla mjerene čvorovima SN-V1 i SN-V2 u razdoblju od tri mjeseca u 2019. godini [24]

Modul staklenika sastoji se od dva unutarnja čvora od kojih je prvi (SN-G1) opremljen senzorom SHT-10 za mjerenje vlažnosti i temperature tla i postavljen je blizu tla, a drugi (SN-G2) sa senzorom vlage i temperature zraka AM2032 koji je postavljen na tri metra iznad tla. Pristupnik je smješten blizu ulaza u staklenik i spojen je na dostupnu strujnu utičnicu. [24]



Slika 30. Modul staklenika [24]



Slika 31. Podaci o vlažnosti zraka u stakleniku prikupljeni SN-G2 čvorom tijekom deset dana ispitivanja [24]

## 7. ZAKLJUČAK

Budućnost poljoprivrede leži u prednostima prikupljanja, povezivanja i analiziranja podataka kako bi se povećala učinkovitost i produktivnost. Kako se tehnologija sve više razvija, a rješenja postaju sve dostupnija, razne suvremene tehnologije korištene u poljoprivredi su neophodne za opstanak svakog velikog proizvođača.

Primjena Internet of Things (IoT) tehnologije u poljoprivredi značajno povećava produktivnost i omogućuje bolju kontrolu čineći farme povezanijima. Razvojem tehnologije, razvijaju se i razne platforme za upravljanje farmama. Razne aplikacije i softveri omogućuju poljoprivrednicima obrađivati svoju zemlju bez da se fizički nalaze na svojoj farmi. Korištenjem takvih aplikacija poljoprivrednici mogu biti informirani o stanju na farmama u stvarnom vremenu te pomoću svojih pametnih telefona, tableta ili računala upravljati operacijama na farmi. Također mogu na temelju dobivenih podataka te obradi i analizi istih, predvidjeti i spriječiti bolesti svojih biljaka ili životinja.

Sve veća primjena poljoprivrednih dronova i robota olakšavaju posao na farmama i smanjuje ljudske napore. Razvojem manjih i jeftinijih senzora također se poljoprivrednicima olakšava posao i smanjuje vrijeme provedeno na terenu. Senzori prikupljaju informacije iz okoline te ih šalju prema oblaku (engl. Cloud) gdje se i pohranjuju, a poljoprivrednik im može pristupiti kada god to poželi.

LoRa WAN (engl. Long Range Wide Area Network) tehnologija je idealna za primjenu u poljoprivredi zbog svoje jednostavne instalacije i mogućnosti pokrivanja većih područja. LoRa WAN ima mogućnost izrade privatne mreže na koju se povezuju svi uređaji na farmi te im omogućava pouzdanu komunikaciju na velikim brzinama. Instalacijom LoRa WAN senzora poljoprivrednici mogu pratiti događanja na farmi kao što su praćenje temperature i vlažnosti tla te praćenje kretanja i zdravlje stoke. Senzori im također pomažu u praćenju uvjeta pogodnih za sadnju određenih biljaka. Korištenjem LoRa WAN tehnologije poboljšava se kvaliteta proizvoda te se smanjuje nepotrebno trošenje vode i raznih drugih resursa.

## LITERATURA

- [1] Biočić P. Mogućnost primjene IoT tehnologija u poljoprivredi. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računalstva i informacijskih tehnologija Osijek; 2022. Dostupno: <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A2938/datastream/PDF/view> [Pristup: 10.08.2022.]
- [2] GSMA Connected Living: Understanding the Internet of Things (IoT); 2014. Dostupno: [https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2014/08/cl\\_iot\\_wp\\_07\\_14.pdf](https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2014/08/cl_iot_wp_07_14.pdf) [Pristup: 12.08.2022.]
- [3] Compass Informatics. Dostupno: <https://compass.ie/services/> [Pristup: 20.08.2022.]
- [4] Antunović D. Smart senzori za primjenu u IIoT/Industriji 4.0/Digitalizaciji. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računalstva i informacijskih tehnologija Osijek; 2018. Dostupno: <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1856/datastream/PDF/view> [Pristup:05.08.2022.]
- [5] Java T point: IoT. Dostupno: <https://www.javatpoint.com/iot-internet-of-things> [Pristup: 10.08.2022.]
- [6] Vinayak N., Pooja K. Role of IoT in Agriculture. IOSR Journal of Computer Engineering; 2016. Dostupno: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jce/papers/Conf.16051/Volume-1/13.%2056-57.pdf?id=7557> [Pristup: 10.08.2022.]
- [7] Vukadinović V. Pametna poljoprivreda; Osijek; 2020. Dostupno: [http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Zanimljivosti/Zanimljivosti\\_09\\_2020\\_Pametna\\_poljoprivreda.pdf](http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Zanimljivosti/Zanimljivosti_09_2020_Pametna_poljoprivreda.pdf) [Pristup: 10.08.2022.]
- [8] World Press: What are the best ways IoT can help the agriculture sector? Dostupno: <https://zibowang77517210.wordpress.com/> [Pristup: 12.08.2022.]
- [9] Smart AKIS, Smart Farming Thematic Network. Dostupno: <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/> [Pristup:13.08.2022.]
- [10] Ducker J. How are Drones Changing the Future of Agriculture? AZO Life sciences. Dostupno: <https://www.azolifesciences.com/article/How-are-Drones-Changing-the-Future-of-Agriculture.aspx> [Pristup: 13.08.2022.]
- [11] Agrivi Dostupno: <https://www.agrivi.com/hr/> [Pristup:13.08.2022.]
- [12] Birte L. Nielsen. The role of Precision Livestock Farming technologies in animal welfare monitoring: a review. Veterinarski arhiv; 2022. Dostupno: <https://hrcak.srce.hr/file/407388> [Pristup: 14.08.2022.]
- [13] Project coordinated by: Tsiropoulos Z. Farmsustainabl – Enabling smart livestock farming technologies for environmental sustainability using blockchain; 2018. Era-netsusan. Dostupno: <https://www.era-susan.eu/content/farmsustainabl-enabling-smart-livestock-farming-technologies-environmental-sustainability> [Pristup: 14.08.2022.]

- [14] Digital Argo: Revolucija poljoprivrede- pametna poljoprivreda. Dostupno: <https://digitalagro.eu/revolucija-poljoprivrede-precizna-poljoprivreda/> [Pristup 14.08.2022.]
- [15] FarmBot. Dostupno: <https://farm.bot/> [Pristup:14.08.2022.]
- [16] Payne J. Robot farm workers take to the fields; 2012. Robohub. Dostupno: <https://robohub.org/robot-farm-workers-take-to-the-fields-gallery-new-scientist/> [Pristup 14.08.2022.]
- [17] The Things Network. Dostupno: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/architecture/> [Pristup 21.08.2022.]
- [18] Moko Lora. Dostupno: <https://www.mokolora.com/hr/solutions/smart-farming/#top> [Pristup 21.08.2022.]
- [19] Milesight IoT. Dostupno: <https://www.milesight-iot.com/> [Pristup 21.08.2022.]
- [20] LoRa Alliance. Dostupno: <https://lora-alliance.org/> [Pristup 23.08.2022.]
- [21] LoRa Alliance: How to make connection for precision agriculture; 2020. Dostupno: [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) [Pristup 23.08.2022.]
- [22] Semtech: Precision Farming. Dostupno: [https://www.semtech.com/uploads/technology/LoRa/app-briefs/Semtech\\_Agr\\_PrecisionFarming\\_AppBrief-FINAL.pdf](https://www.semtech.com/uploads/technology/LoRa/app-briefs/Semtech_Agr_PrecisionFarming_AppBrief-FINAL.pdf) [Pristup 23.08.2022.]
- [23] Chipsafer. Dostupno: <https://www.chipsafer.com/what-is-chipsafer> [Pristup 24.08.2022.]
- [24] Codeluppi G., Cilfone A., Davoli L., Ferrari G. LoRa Farm: A LoRaWAN-Based Smart Farming Modular IoT Architecture. Internet of Things (IoT) Lab, Department of Engineering and Architecture, University of Parma, Parma, Italy; 2020. Dostupno: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/7/2028/htm> [Pristup 24.08.2022.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Koncept IoT sustava [3] .....	3
Slika 2. Arhitektura IoT-a [4] .....	4
Slika 3. IoT sustav u poljoprivredi [8] .....	7
Slika 4. Poljoprivredni dron [10] .....	8
Slika 5. Usluge Agrivi platforme [11].....	9
Slika 6. Koncept preciznog stočarstva [13] .....	10
Slika 7. Farmbot Express XL [15] .....	12
Slika 8. Hortibot [16] .....	12
Slika 9. Arhitektura LoRa WAN mreže [17] .....	13
Slika 10. LW007-PIR senzor pokreta [18] .....	14
Slika 11. LW001-BG GPS Tracker [18] .....	15
Slika 12. Vrste LW002-TH sonde za mjerenje temperature i vlage [18] .....	15
Slika 13. LoRa WAN Bluetooth pristupnik [18] .....	16
Slika 14. Uređaj LW004-CT i slučaj njegove uporabe [18] .....	16
Slika 15. MKGW-LW LoRa WAN pristupnik [18].....	17
Slika 16. UG65 LoRa WAN pristupnik [19] .....	17
Slika 17. UG67 LoRa WAN pristupnik s unutarnjom i vanjskom antenom [19] .....	18
Slika 18. UG63 LoRa WAN pristupnik [19] .....	18
Slika 19. LoRa WAN moduli [18] .....	19
Slika 20. Primjena LoRa WAN mreže u poljoprivredi [22].....	21
Slika 21. Dragino LSE01 senzor vlage u tlu .....	23
Slika 22. Dragino LHT65 senzor temperature i vlage .....	23
Slika 23. RSMT3L senzor vlage i temperature.....	24
Slika 24. Chipsaferov uređaj za praćenje stoke [23] .....	25
Slika 25. Ogrlica s uređajem za praćenje [23] .....	26
Slika 26. Primjena LoRa WAN modula [18] .....	26
Slika 27. Usporedba LoRa WAN arhitekture (lijevo) i LoRa Farm slojeva (desno) [24].....	27
Slika 28. Vinogradarski modul [24] .....	28
Slika 29. Temperature tla mjerene čvorovima SN-V1 i SN-V2 u razdoblju od tri mjeseca u 2019. godini [24].....	28
Slika 30. Modul staklenika [24] .....	29
Slika 31. Podaci o vlažnosti zraka u stakleniku prikupljeni SN-G2 čvorom tijekom deset dana ispitivanja [24].....	29

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

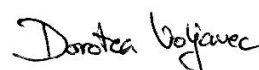
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ završni rad

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.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Primjena tehnologije LoRa WAN u poljoprivredi, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 1.9.2022.



\_\_\_\_\_  
(potpis)