

Primjena arduino tehnologije u zaštiti bilja

Balen, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:077574>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Matej Balen

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer: Mehanizacija

Primjena arduino tehnologije u zaštiti bilja

Završni rad

Osijek, 2024. godina

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Matej Balen

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer: Mehanizacija

Primjena arduino tehnologije u zaštiti bilja

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. doc. dr. sc. Domagoj Zimmer, mentor
2. prof. dr. sc. Luka Šumanovac, član
3. prof. dr. sc. Irena Rapčan, član

Osijek 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij, smjer Mehanizacija

Završni rad

Matej Balen

Primjena arduino tehnologije u zaštiti bilja

Sažetak:

Arduino je platforma otvorenog koda koja se koristi za razvoj elektroničkih projekata. U zaštiti bilja, Arduino može igrati ključnu ulogu zahvaljujući svojoj sposobnosti da prikuplja podatke iz okoliša i automatski upravlja različitim sustavima. Cilj rada bio je istražiti uporabu Arduino softvera i hardvera u zaštiti bilja od životinja, vatre, kiše i slično.

Ključne riječi: Arduino, Internet of Things, precizna poljoprivreda, zaštita bilja

24 stranice, 25 slika, 15 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Mechanization

Final work

Matej Balen

Application of arduino technology in plant protection

Summary:

Arduino is an open source platform used to develop electronic projects. In plant protection, Arduino can play a key role thanks to its ability to collect data from the environment and automatically manage different systems. The aim of the work was to investigate the use of Arduino software and hardware in protecting plants from animals, fire, rain and the like.

Keywords: Arduino, Internet of Things, precision agriculture, plant protection

24 pages, 25 pictures, 15 references

Final work is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. ARDUINO.....	2
2.1. Kratka povijest <i>Arduino</i>	3
2.2. <i>Arduino</i> pločice	3
2.3. <i>Arduino</i> u poljoprivredi	6
2.4. Precizna poljoprivreda.....	7
2.5. Praćenje i prikupljanje podataka u poljoprivredi.....	8
3. PAMETNA ZAŠTITA USJEVA OD ŽIVOTINJA I PTICA POMOĆU ARDUINO .	9
3.1. Predloženi sustav zaštite	9
3.2. Korištena oprema u sustavu zaštite usjeva	10
3.2.1. <i>Arduino Uno</i>	11
3.2.2. <i>LCD Display</i>	11
3.2.3. Ultrazvučni senzor.....	11
3.2.4. <i>GSM</i> Modul	12
3.2.5. IC za snimanje i reprodukciju zvuka	12
3.2.6. Zvučnik.....	13
4. PAMETNA ZAŠTITA USJEVA OD ŽIVOTINJA I VATRE POMOĆU ARDUINA..	14
4.1. Korišteni hardver	14
4.1.1. <i>Arduino Uno</i>	14
4.1.2. <i>GSM</i> Modul	15
4.1.3. Senzor dima	15
4.1.4. Pasivni infracrveni senzor (PIR).....	16
4.1.5. Zujalo.....	17
4.1.6. Senzor vlage u tlu	17
4.2. Korišteni softver	18
4.3. Primjeri iz prakse.....	18
5. AUTOMATSKA ZAŠTITA OD KIŠE NA SOLARNI POGON ZA POLJSKE USJEVE POMOĆU ARDUINO UNO I SUSTAVA ZA PRAĆENJE RAZINE	20
5.1. Princip rada sustava	20
5.2. <i>Blynk</i> aplikacija.....	21
5.3. Prednosti i nedostaci sustava	22
6. ZAKLJUČAK.....	23
7. LITERATURA	24

1. UVOD

U današnjem digitalnom dobu, tehnologija se pokazala neizostavnom u gotovo svim aspektima našeg života. Osim što olakšava svakodnevne zadatke, tehnološki napredak donosi značajne promjene i u poljoprivredi. *Arduino*, *open-source* elektronička platforma, postala je nezaobilazan alat u transformaciji poljoprivrede širom svijeta. Ova platforma ima izvanredan potencijal za optimizaciju resursa, povećanje prinosa i unapređenje održivosti poljoprivredne proizvodnje. U ovom istraživanju, istražiti ćemo ulogu *Arduino* platforme u poljoprivredi, kako u svjetskom kontekstu tako i u specifičnom slučaju Hrvatske i specifično na primjeni zaštite bilja. *Arduino* se pokazao neprocjenjivim alatom za precizno praćenje uvjeta u okolišu, omogućavajući poljoprivrednicima da optimiziraju navodnjavanje, gnojidbu i kontrolu štetnika i sl. Osim toga, automatizacijski sustavi temeljeni na *Arduino* platformi olakšavaju svakodnevne zadatke poput upravljanja strojevima i sustavima zaštite usjeva. Iako *Arduino* često povezuje s biljnom proizvodnjom, bitno je napomenuti da se njegova primjena ne svodi samo na ovu granu. Ovo je tek početak digitalne revolucije u poljoprivredi, a promjene koje donosi obećavaju napredak i održivost ovih ključnih industrija. U ovom radu će se specifično fokusirati na upotrebu *Arduino* pri zaštiti usjeva. To uključuje zaštitu, prvenstveno, od životinja te požara, elementarnih nepogoda poput kiše i slično.

2. ARDUINO

Arduino je *open-source* elektronička platforma koja predstavlja revolucionarni alat za kreatore, izumitelje i inženjere diljem svijeta. Ova platforma omogućava ljudima da pretvore svoje ideje u stvarnost, bez obzira na njihovo tehničko znanje. *Arduino* je mnogo više od skupa elektroničkih komponenata. To je sredstvo koje vam daje moć da stvarate, eksperimentirate i rješavate stvarne probleme. S jednostavno razumljivim sučeljem i programskim jezikom, *Arduino* omogućava kontrolu svih vrsta uređaja, senzora i aktuatora. Koristi *Arduino* platforme su brojne. Možete automatizirati svoj dom, stvarati interaktivne umjetničke instalacije, pratiti okolišne uvjete na farmi ili razvijati pametne uređaje za svakodnevnu upotrebu. Ova svestrana platforma otvara vrata neograničenim mogućnostima. Ono što *Arduino* čini iznimno korisnim je njegova pristupačnost i prilagodljivost. Njegova zajednica je iznimno aktivna i pruža obilje resursa, uputa i podrške. Bez obzira jeste li početnik ili iskusni inženjer, *Arduino* je alat koji vam omogućava brzo prototipiranje i testiranje ideja. Uz to, *Arduino* potiče na zajedničko učenje i dijeljenje znanja. Kroz razmjenu iskustava i projekata, ljudi diljem svijeta grade zajednicu inovatora. *Arduino* je, dakle, ne samo tehnički alat, već i sredstvo koje pomaže demokratizaciji tehnologije. Omogućava svima da postanu izumitelji, da rade na projektima koji ih strastveno zanimaju i da doprinesu inovacijama u svojim područjima interesa. To je razlog zašto je *Arduino* toliko vrijedan i zašto ga koriste inženjeri, umjetnici, poljoprivrednici, studenti i mnogi drugi širom svijeta (Banzi, 2005.).



Slika 1. *Arduino uno* pločica

(Izvor: <https://www.conrad.hr/p/arduino-board-uno-rev3-smd-core-atmega328-191789>)

2.1. Kratka povijest *Arduino*

Projekt *Arduino* započet je na *Interaction Design Institute Ivrea* (IDII) u Italiji (Kushner, 2011.). Godine 2004. Hernando Barragán kreirao je razvojnu platformu *Wiring* kao projekt magistarske teze na IDII-u, pod nadzorom Massima Banzija i Caseyja Reasa. Casey Reas poznat je po zajedničkom stvaranju, s Benom Fryjem, razvojne platforme Processing. Cilj projekta bio je stvoriti jednostavne, jeftine alate za izradu digitalnih projekata od strane ne-inženjera. Platforma za ožičenje sastojala se od tiskane ploče (PCB) s *ATmega128* mikrokontrolerom, IDE-a temeljenog na funkcijama obrade i knjižnice za jednostavno programiranje mikrokontrolera. Godine 2005. Massimo Banzi, s Davidom Mellisom, još jednim IDII studentom, i Davidom Cuartiellesom, proširili su *Wiring* dodajući podršku za jeftiniji *ATmega8* mikrokontroler. Novi projekt, odvojen od *Wiringa*, nazvan je *Arduino*. Nakon dovršetka platforme, lakše i jeftinije verzije distribuirane su u zajednici otvorenog koda. Sredinom 2011. procijenjeno je da je više od 300.000 službenih *Arduina* komercijalno proizvedeno, a 2013. da je 700.000 službenih ploča bilo u rukama korisnika (Barragán, 2016.)

2.2. *Arduino* pločice

Postoji više takozvanih „Obitelji“ pločica, a one su *Nano*, *MKR*, *Classic* i *Mega*. Obitelj *Nano* je skup ploča s malim otiskom, prepun značajki. Ove ploče također imaju set ugrađenih senzora, kao što su temperatura/vlažnost, tlak, gesta, mikrofoni i slično. Također se mogu programirati s *MicroPythonom* i podržavaju strojno učenje (izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>).



Slika 2. *Arduino* pločice iz obitelji *Nano* (Izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>)

Obitelj *MKR* serija je ploča, štitova i nosača koji se mogu kombinirati za stvaranje nevjerojatnih projekata bez ikakvih dodatnih sklopova. Svaka ploča je opremljena radio modulom (osim *MKR Zero*), koji omogućuje *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *LoRa*, *Sigfox*, *NB-IoT* komunikaciju. Sve ploče u obitelji temeljene su na *Arm Cortex-M0* 32-bitnom *SAMD21* procesoru male snage i opremljene su kriptičipom za sigurnu komunikaciju. Obitelj *MKR* štitovi i nosači dizajnirani su za proširenje funkcija ploče kao što su senzori okoliša, *GPS*, *Ethernet*, kontrola motora i *RGB* matrica (izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>).



Slika 3. *Arduino* pločice iz obitelji *MKR*
(Izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>)



Slika 4. *Arduino* "štitevi" iz obitelji *MKR*

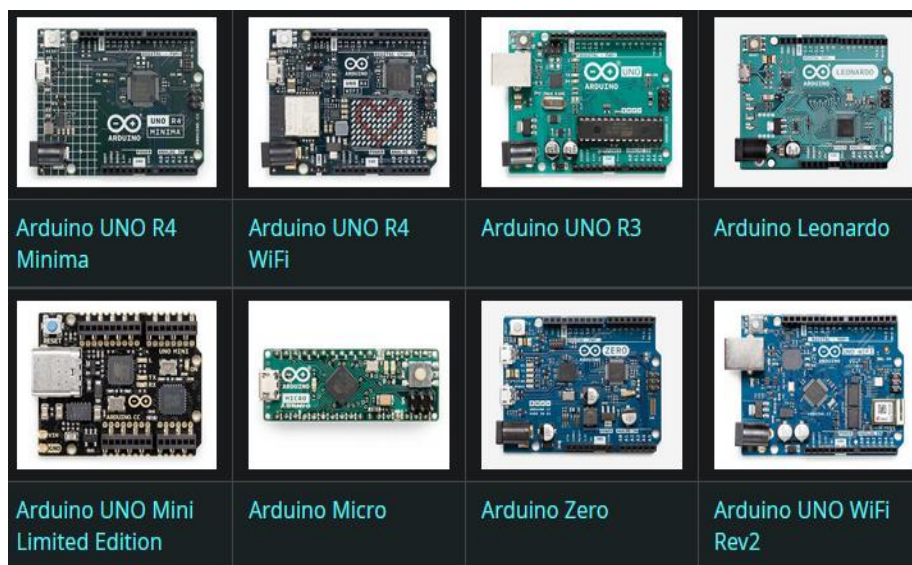
(Izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>)

U klasičnoj obitelji nalaze se ploče kao što je legendarni *Arduino UNO* i druge klasike kao što su *Leonardo* i *Micro*. Ove se ploče smatraju okosnicom *Arduino* projekta i ostvaruju uspjeh dugi niz godina. U obitelji *Mega* nalaze se ploče za projekte koji zahtijevaju puno računalne snage i *GPIO* pinove (izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>)



Slika 5. *Arduino* pločice iz obitelji *Mega*

(Izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>)



Slika 6. *Arduino* pločice iz klasične obitelji

(Izvor: <https://www.arduino.cc/en/hardware>)

2.3. *Arduino* u poljoprivredi

Arduino je, prije svega, platforma za prototipiranje i razvoj elektroničkih projekata. S njom, korisnici mogu lako integrirati senzore za praćenje uvjeta na poljoprivrednom zemljištu, u staji, ili čak u skladištu. *Arduino* omogućava preciznu poljoprivredu, gdje se svaki aspekt uzgoja može temeljiti na podacima. Na temelju informacija dobivenih iz različitih senzora, kao što su senzori za vlažnost tla, temperature, i osvjetljenje, poljoprivrednici mogu donositi informirane odluke. Na primjer, uz pomoć *Arduina*, mogu prilagoditi sustave navodnjavanja kako bi se osiguralo da se voda primjenjuje samo kada je to potrebno, čime se štedi voda i energija. Schmidt (2017.) ističe i važnost automatizacije pomoću *Arduina* u poljoprivredi. Automatizacija procesa poput praćenja stoke, kontroliranja klimatizacije u plastenicima, ili čak praćenja inventara u skladištima smanjuje rizike i osigurava učinkovitu upotrebu resursa. Osim toga, *Arduino* potiče održivost u poljoprivredi. Praćenjem i kontroliranjem resursa poput vode, energije i gnojiva, poljoprivrednici mogu smanjiti negativni utjecaj na okoliš, što je ključno u kontekstu sve veće svijesti o ekološkim problemima. Iz Schmidtove knjige možemo zaključiti da *Arduino* nije samo alat za tehnološke entuzijaste; on je svestrani instrument koji omogućava transformaciju poljoprivrede. Kroz primjere iz stvarnog svijeta, otkrit ćemo kako *Arduino* mijenja način na koji se obavlja poljoprivreda, čineći je preciznijom, održivijom i profitabilnijom (Schmidt, 2017.).

2.4. Precizna poljoprivreda

Poljoprivreda se neprestano razvija kako bi zadovoljila rastuće potrebe svjetske populacije za hranom, dok se istovremeno mora suočiti s ograničenim resursima, promjenama u okolišu i izazovima održivosti. U tom kontekstu, precizna poljoprivreda je postala ključna riječ i koncept, pružajući nadu za učinkovitiju i održiviju proizvodnju hrane. Jedna od ključnih tehnoloških platformi koja igra značajnu ulogu u ostvarivanju ciljeva precizne poljoprivrede je *Arduino*. Knjiga "Precision Agriculture Technology for Crop Farming" autora Zhang (2018.) temeljito istražuje ovu temu, nudeći uvid u različite aspekte precizne poljoprivrede, uključujući primjene *Arduino* tehnologije. Precizna poljoprivreda predstavlja pristup koji se temelji na korištenju informacija i tehnologije za optimizaciju poljoprivredne proizvodnje. Osnova precizne poljoprivrede je prikupljanje podataka o različitim čimbenicima koji utječu na usjeve, uključujući kvalitetu tla, klimatske uvjete, vodu i stoku. Ovi podaci se koriste za donošenje boljih odluka o upotrebi resursa, kao što su navodnjavanje, gnojidba i upravljanje štetnicima. *Arduino*, *open-source* elektronička platforma, ima ključnu ulogu u implementaciji precizne poljoprivrede. Ova platforma omogućava kreiranje prilagođenih senzorskih sustava koji mogu mjeriti različite parametre na farmi. Na primjer, *Arduino* se koristi za praćenje vlažnosti tla, temperature, pH vrijednosti, i drugih faktora koji utječu na usjeve. Osim toga, *Arduino* omogućava automatizaciju različitih procesa, kao što su sustavi za navodnjavanje, praćenje stoke, i upravljanje skladištima. Korištenje *Arduino* tehnologije omogućava poljoprivrednicima da optimiziraju korištenje resursa poput vode, gnojiva i pesticida. Na temelju prikupljenih podataka, mogu donositi informirane odluke o količini resursa koja je stvarno potrebna. Praćenjem uvjeta na farmi i usjevima, poljoprivrednici mogu ranije detektirati probleme kao što su bolesti ili štetnici te poduzeti mjere kako bi ih suzbili, smanjujući gubitke usjeva. Precizna poljoprivreda s *Arduino* tehnologijom doprinosi održivijoj poljoprivredi. Smanjuje nepotrebnu upotrebu resursa i smanjuje negativne utjecaje na okoliš. Integracija *Arduino* tehnologije omogućava poljoprivrednicima da ostvare bolje prinose i veću produktivnost na svojim farmama. Osim navedenih prednosti, knjiga "Precision Agriculture Technology for Crop Farming" pruža primjere stvarnih farmi i studija slučaja gdje je *Arduino* i druga tehnologija pridonijela značajnom poboljšanju poljoprivredne proizvodnje. Primjeri uključuju različite usjeve kao što su žitarice, voće, povrće, vinogradarstvo i stoku. Iako *Arduino* i druge tehnologije već igraju ključnu ulogu u preciznoj poljoprivredi, budućnost ove industrije obećava daljnje inovacije. Razvoj senzora, bežičnih tehnologija i analitičkih alata pružit će još veće mogućnosti za optimizaciju

poljoprivredne proizvodnje. *Arduino* tehnologija ima ključnu ulogu u transformaciji poljoprivrede i ostvarivanju ciljeva precizne poljoprivrede. Ova tehnologija omogućava poljoprivrednicima da bolje razumiju i kontroliraju uvjete na farmi, smanje gubitke i povećaju produktivnost.

2.5. Praćenje i prikupljanje podataka u poljoprivredi

U današnjem suvremenom svijetu, gdje se kvaliteta tla, vode i zraka sve više stavlja pod povećalo, tehnologija igra ključnu ulogu u poboljšanju poljoprivredne proizvodnje i održivosti. *Arduino*, *open-source* elektronička platforma, postala je svestran alat koji omogućava poljoprivrednicima i znanstvenicima da bolje razumiju okoliš u kojem se uzgajaju usjevi i podiže stoka. Autor A. Zabihollah u svom radu "Environmental Monitoring in Agriculture with Arduino" donosi uvid u kako se *Arduino* koristi za praćenje okolišnih parametara, stvarajući mogućnost za unapređenje poljoprivredne prakse i očuvanje resursa. Jedan od najbitnijih resursa na planeti je voda, *Arduino* se koristi za integraciju različitih senzora koji mjere parametre tla kao što su vlažnost, pH vrijednost i električna vodljivost. Uz pomoć senzora, mogu se pratiti i kvaliteta vode u blizini farmi i prilagoditi upotreba resursa kako bi se očuvala kvaliteta tla i vode. Također, uz pomoć raznih senzora *Arduino* omogućava praćenje temperature, vlage, brzine vjetra i padalina na farmama. Ti podaci pomažu poljoprivrednicima u donošenju informiranih odluka o sjetvi, žetvi i upravljanju resursima. *Arduino* tehnologija pruža mogućnost za prikupljanje i prijenos podataka u stvarnom vremenu, omogućujući brze reakcije na promjene u okolišu. Ovo je ključno za sprečavanje gubitaka usjeva i smanjenje rizika. Prikupljeni podaci se analiziraju kako bi se stvorilo dublje razumijevanja okoliša i optimizirala poljoprivredna praksa. Alati za analitiku, uključujući strojno učenje, koriste se za predviđanje budućih događaja i potreba na farmama. Praćenje i upravljanje okolišem uz pomoć *Arduino* tehnologije doprinosi održivosti poljoprivrede. Smanjenje nepotrebne upotrebe vode, gnojiva i pesticida smanjuje ekološki utjecaj. Kroz korištenje *Arduino* tehnologije, poljoprivrednici mogu bolje razumjeti svoje farme i okoliš u kojem rade. Ova tehnologija pruža temelj za donošenje informiranih odluka, optimizaciju resursa i povećanje produktivnosti. S obzirom na rastuće izazove u poljoprivredi, kao što su klimatske promjene i potreba za održivom proizvodnjom hrane, *Arduino* ima ključnu ulogu u osiguranju budućnosti poljoprivrede.

3. PAMETNA ZAŠTITA USJEVA OD ŽIVOTINJA I PTICA POMOĆU ARDUINO

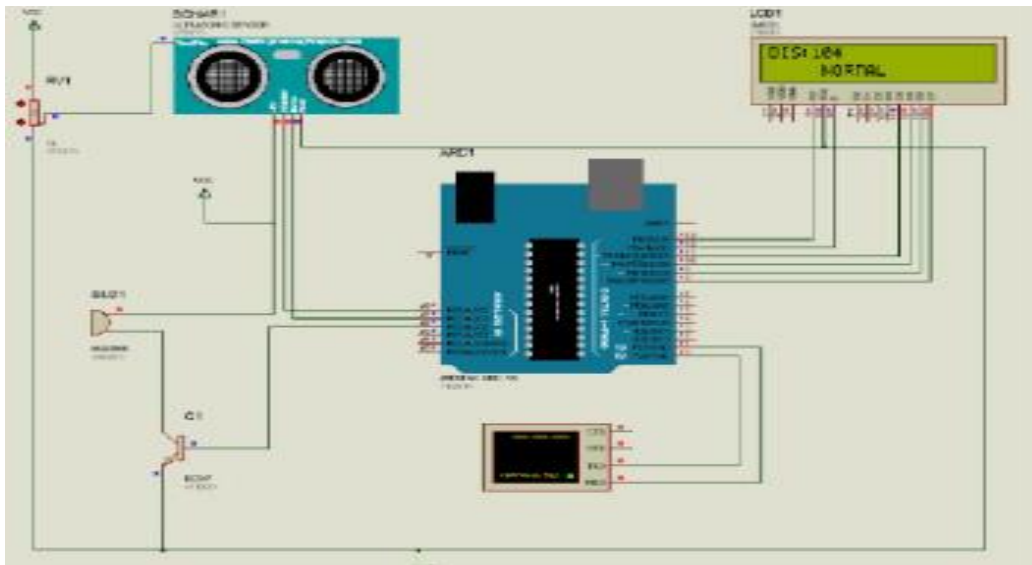
Usjeve na farmama oštećuju životinje poput bivola, krava, koza, ptica i divljih slonova. To uzrokuje velike gubitke za poljoprivrednike. Ovaj problem je izrazito prisutan u državama Indije i sličnim ruralnim područjima gdje je velika populacija životinja. Kako bi se prevladao ovaj problem, dizajniran je sustav za otkrivanje životinja koji otkriva prisutnost životinja te nudi upozorenje i preusmjerava životinju bez ikakve štete. Sustav detekcije neprestano će provjeravati da li životinja ulazi u polje. Infracrveni senzori i ultrazvučni senzori koriste se za otkrivanje kretanja životinja i davanje signala upravljaču. Nadalje, životinje se preusmjeravaju generiranjem zvuka i signala, a taj signal se prenosi na GSM modul i šalje upozorenje farmerima, tako da će farmeri biti svjesni poteškoća i biti dostupni na licu mjesta u slučaju da se životinje ne obaziru na alarm. Ovaj projekt ima nevjerovatan društveni značaj jer u potpunosti čini ono što je potrebno smanjujući probleme s kojima se poljoprivrednici suočavaju, odnosno osigurava poljoprivrednicima da ne trpe gubitak usjeva tako što ih unaprijed upozorava na napad životinja. To također pomaže u postizanju boljih prinosa usjeva što dovodi do njihove ekonomske dobrobiti (Gokul i sur., 2023.).

3.1. Predloženi sustav zaštite

U predloženom sustavu praćenje usjeva vrši se postavljanjem senzora na poljoprivredno polje, u ovom slučaju ultrazvučni senzor i GSM modul. Kada se životinje približe ultrazvučnom senzoru, on detektira kretanje životinje. Nakon dobivanja tog početnog ulaznog signala, on će se predati mikrokontroleru na daljnju obradu i sustav će se odmah aktivirati, a zvuk se reproducira kako bi preusmjerio životinju i istovremeno zove vlasnika. Ultrazvučni senzor detektira prisutnost ptica u svim smjerovima. Blok mikrokontrolera služi za očitavanje ulaznih signala s ultrazvučnog senzora. Cijelim procesom upravlja mikrokontroler. GSM modul se koristi za upućivanje poziva farmeru kada se otkrije kretanje. Ovaj predloženi pametni sustav zaštite usjeva od životinja odvija se pomoću Arduino Uno-a hardvera i softvera (Gokul i sur., 2023.).

3.2. Korištena oprema u sustavu zaštite usjeva

Oprema koja se koristi u ovom sustavu zaštite usjeva u kojem se koristi Arduino uno je ultrazvučni senzor, GSM modul, IC za snimanje i reprodukciju zvuka, zvučnik te LCD display. Elementi su spojeni prema shemi prikazani na Slici 8- i 9.



Slika 7. Shema spajanja elemenata sustava zaštite usjeva
(Izvor: Gokul i sur., 2023.)



Slika 8. Sustav zaštite u fizičkom obliku.
(Izvor: Gokul i sur., 2023.)

3.2.1. Arduino Uno



Slika 9. Arduino Uno

(Izvor: <https://www.chipoteka.hr/razvojna-ploca-arduino-uno-rev3-atmega328-a000066-8090229020>)

3.2.2. LCD Display

Na slici 11 je prikazan LCD Display koji se koristio.



Slika 10. LCD Display

(Izvor: <https://docs.arduino.cc/learn/electronics/lcd-displays/>)

3.2.3. Ultrazvučni senzor

Ultrazvučni senzor je elektronički uređaj koji mjeri udaljenost ciljnog objekta emitiranjem ultrazvučnih zvučnih valova i pretvara reflektirani zvuk u električni signal. Ultrazvučni valovi putuju brže od brzine zvučnog zvuka tj. zvuka koji ljudi mogu čuti. Ultrazvučni senzori imaju dvije glavne komponente: odašiljač, koji emitira zvuk pomoću piezoelektričnih kristala i prijemnik, koji nailazi na zvuk nakon što je doputovao do cilja i od njega (Gokul i sur., 2023.).



Slika 11. Ultrazvučni senzor

(Izvor: <https://www.hackster.io/csw1/ultrasonic-sensor-with-arduino-uno-f33ca1>)

3.2.4. GSM Modul

GSM modem ili GSM modul je uređaj koji koristi GSM tehnologiju mobilne telefonije za pružanje bežične podatkovne veze s mrežom. GSM modemi se koriste u mobilnim telefonima i drugoj opremi koja komunicira s mrežama mobilne telefonije. Oni koriste SIM kartice za identifikaciju svog uređaja na mreži (Gokul i sur., 2023.).



Slika 12. GSM Modul

(izvor: <https://www.direnc.net/arduino-gsm-shiled-sim800-en>)

3.2.5. IC za snimanje i reprodukciju zvuka

IC-ovi za snimanje i reprodukciju zvuka specijalizirani su uređaji koji omogućuju implementaciju funkcija snimanja i reprodukcije zvuka s minimalnim brojem komponenti i trudom u dizajnu (Gokul i sur., 2023.).



Slika 13. IC za snimanje i reprodukciju zvuka

(Izvor: Gokul i sur., 2023.)

3.2.6. Zvučnik

Zvučnik, u reprodukciji zvuka, je uređaj za pretvaranje električne energije u energiju akustičnog signala koji se zrači u prostoriju ili na otvorenom. Izraz energija signala označava da električna energija ima određeni oblik, koji odgovara, na primjer, govoru, glazbi ili bilo kojem drugom signalu u rasponu zvučnih frekvencija (otprilike 20 do 20 000 Hz). Zvučnik bi trebao sačuvati suštinski karakter ove signalne energije u akustičnom obliku. Ova definicija zvučnika isključuje takve uređaje kao što su zujalice, gongovi i sirene, u kojima energija zvučnog signala ne odgovara po obliku električnom signalu (Gokul i sur., 2023.).



Slika 14. Zvučnik

(Izvor: <https://core-electronics.com.au/audio-amplifier-module-with-speaker-for-arduino.html>)

4. PAMETNA ZAŠTITA USJEVA OD ŽIVOTINJA I VATRE POMOĆU ARDUINA

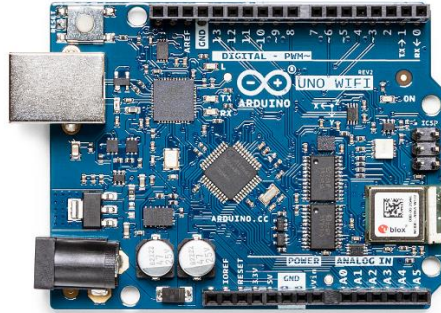
U predloženom sustavu, slično kao i u prethodnom, vrši se praćenje usjeva gdje se senzori koriste za prikupljanje informacija s poljoprivrednog polja. U ovom sustavu se koriste pasivni infracrveni senzor (*PIR*), senzor dima i *GSM modul* zajedno sa senzorom vlage u tlu dajući poljoprivrednicima više informacija o sadržaju vode prisutnom u tlu. Kada se životinje približe *PIR* senzoru, on detektira pokret. Nakon dobivanja početnog ulaznog signala od toplog tijela, on se prosljeđuje na daljnju obradu, a zatim se prosljeđuje mikrokontroleru. Tada će se sustav aktivirati, odmah se uključuje zujalica i istovremeno šalje SMS poruku vlasniku. Mikrokontroler, odnosno *Arduino UNO*, koristi se za očitavanje ulaza iz *PIR*-a, senzora vlažnosti tla i senzora dima. *GSM modul* se koristi za slanje SMS-a poljoprivredniku kada se otkrije kretanje ili dim. Glavni cilj ovog predloženog projekta je pomoći poljoprivrednicima da zaštite svoje usjeve od životinja i požara. Valja napomenuti da se i ovaj sustav najviše odnosi i želi primijeniti na područjima Indije, što ukazuje na ozbiljnost problema i smetnji životinja u pogledu poljoprivredne proizvodnje usjeva (Varshini i sur., 2021.).

4.1. Korišteni hardver

Oprema, odnosno komponente, koje su potrebne za poduhvat su *Arduino Uno* mikrokontroler, *GSM modul*, senzor dima, pasivni infracrveni senzor (*PIR*), zujalo te senzor vlage u tlu.

4.1.1. *Arduino Uno*

Arduino Uno je mikrokontrolerska ploča otvorenog koda. To je *Microchip ATmega328P* mikrokontroler i razvijen od strane *Arduino.cc*. Ploča je opremljena setovima naprednih i jednostavnih informacijskih/prinosnih (I/O) pinova koji se mogu povezati s različitim pločama za proširenje (zaštitne mjere) i različitim krugovima. Ploča ima 14 kompjuteriziranih I/O pinova (šest opremljenih za *PWM yield*), 6 jednostavnih I/O štapova, i može se programirati s *Arduino IDE*, putem *USB* veze vrste B. Obično se napaja putem *USB* veze ili vanjske 9-voltne baterije, no priznaje napone negdje u rasponu od 7 do 20 V (Varshini i sur., 2021.).



Slika 15. *Arduino uno* pločica

(Izvor: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-wifi-rev2?selectedStore=eu>)

4.1.2. *GSM* Modul

GSM/GPRS modem je klasa udaljenog modema, namijenjena korespondenciji preko *GSM* i *GPRS* organizacije. Zahtijeva *SIM* (*Subscriber Identity Module*) karticu zapravo kao i mobilni telefoni da započne korespondenciju s organizacijom. Osim toga, imaju *IMEI* (*International Mobile Equipment Identity*) broj kao i mobiteli kao dokaz razlikovanja. Napravljen je kako bi prikazao konvencije za napredne mobilne mreže drugog doba (2*G*) koje koriste mobilni telefoni i trenutno je zadani svjetski standard za mobilnu korespondenciju (Varshini i sur, 2021.).



Slika 16. *GSM* Modul

(Izvor: https://www.researchgate.net/figure/The-SIM-900-GSM-Module_fig6_332414098)

4.1.3. Senzor dima

Senzor dim je elektronički uređaj koji otkriva dim, obično kao pokazivač vatre. Protupožarni alarmi smješteni su u plastičnim ograđenim prostorima, obično oblikovani poput kruga promjera oko 150 milimetara (6 inča) i debljine 25 milimetara (1 inča), no oblik i veličina se razlikuju. Dim

se može otkriti optički (fotoelektrično) ili stvarnim ciklusom (ionizacija). Detektori mogu koristiti jednu od dvije ili obje tehnike detekcije. Osjetljiva upozorenja mogu se koristiti za prepoznavanje i sprječavanje pojedinaca koji puše u regijama gdje je pušenje zabranjeno. Modul analognog senzora dima/LPG/CO plina (MQ2) koristi MQ-2 kao osjetljivi segment i ima spremni otpornik za osiguranje i pomični otpornik. Senzor plina MQ-2 osjetljiv je na LPG, I-butan, propan, metan, tekućinu, vodik i dim. Može se vrlo dobro koristiti u uređajima za prepoznavanje izlivanja plina u kućanstvu i industriji. Opstrukcija osjetljivog dijela mijenja se kako se mijenja grupiranje objektivnog plina (Varshini i sur., 2021.).



Slika 17. Senzor dima

(Izvor: <https://in.pinterest.com/pin/arduino-projects-tutorials--805933295848076206/>)

4.1.4. Pasivni infracrveni senzor (PIR)

PIR senzor pokreta idealan je za otkrivanje pokreta. PIR označava "pasivni infracrveni". U osnovi, PIR senzor kretanja mjeri infracrveno svjetlo od objekata u njegovom vidnom polju. Može otkriti kretanje na temelju promjena infracrvenog svjetla u okolini. Idealan je za otkrivanje je li se objekt pomaknuo unutar ili izvan dometa senzora (Izvor:<https://www.mpja.com/PIR-Motion-Detector-for-Arduino/productinfo/31227%20SC/>).



Slika 18. Pasivni infracrveni senzor

(Izvor: <https://www.mpja.com/PIR-Motion-Detector-for-Arduino/productinfo/31227%20SC/>)

4.1.5. Zujalo

Zujalo je elektronički uređaj koji emitira glasnu buku. Većina aktualnih su simpatični sigurnosni alarmi ili alarmi za zračne napade, alarmi za ciklon ili alarmi na vozilima kriznih službi kao što su kola hitne pomoći, policijska vozila i vatrogasna vozila. Postoje dvije općenite vrste, pneumatski i elektronički (Varshini i sur., 2023.).

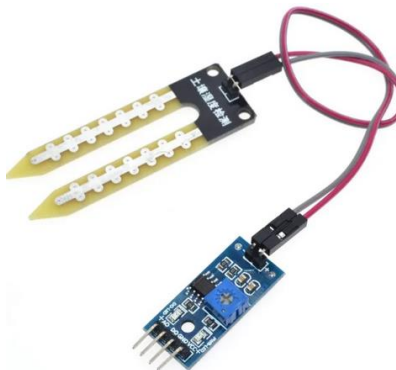


Slika 19. Zujalo

(Izvor: <https://forum.arduino.cc/t/do-i-need-a-resistor-to-connect-a-passive-buzzer/502092>)

4.1.6. Senzor vlage u tlu

Senzor vlage u tlu koristi se za mjerenje količine vlage (sadržaj vode) prisutne u tlu. Praćenje vode vrlo je važno za nekoliko usjeva. Senzor vlage u tlu koristi se za automatizaciju procesa praćenja razine vlage u tlu (izvor: <https://www.geeksforgEEKS.org/soil-moisture-measurement-using-arduino-and-soil-moisture-sensor/>).



Slika 20. Senzor vlage u tlu

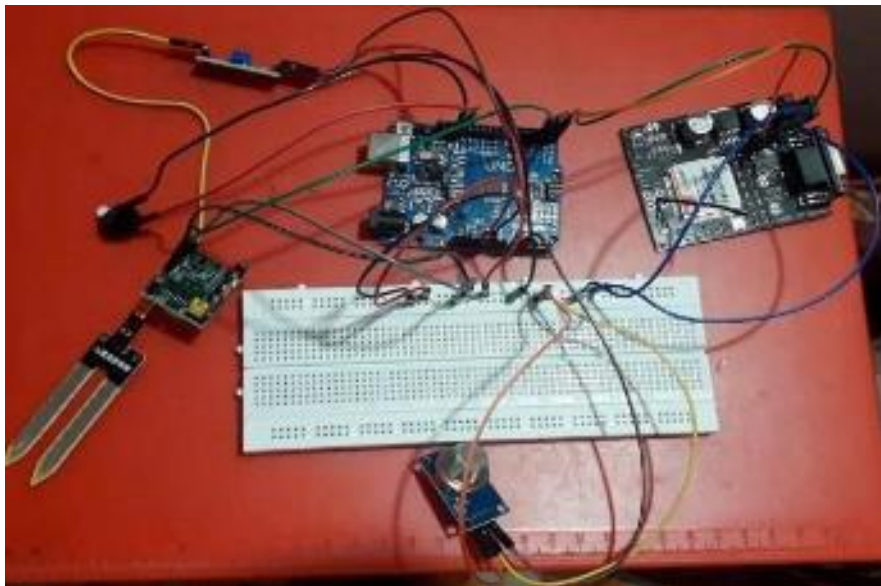
(Izvor: <https://automationroboticsarduino.com/products/soil-moisture-sensor>)

4.2. Korišteni softver

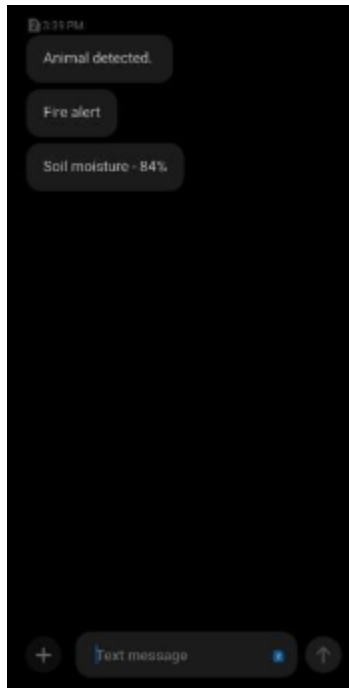
Koristilo se *Arduino* integrirano razvojno okruženje ili *Arduino* softver (*IDE*) koji sadrži uređivač teksta za pisanje koda, područje za poruke, tekstualnu konzolu, alatnu traku s gumbima za uobičajene funkcije i niz izbornika. Povezuje se na *Arduino* hardver za učitavanje programa i komunikaciju s komponentama sustava.

4.3. Primjeri iz prakse

Iako ne čini u potpunosti ono što je potrebno kako bi se smanjio problem s kojima se poljoprivrednici suočavaju, primjer iz prakse zadovoljava sa time što osigurava poljoprivrednicima da ne pate od gubitka usjeva tako što ih unaprijed upozorava na napad životinja i nastanak požara (Varshini i sur, 2021.). Primjer iz prakse je prikazan na slici 22.



Slika 21. Primjer iz prakse
(Izvor: Varshini i sur., 2021.)



Slika 22. SMS poruka koja se šalje farmeru o otkrivanju životinja, dojavu o požaru i postotku vlage u tlu.

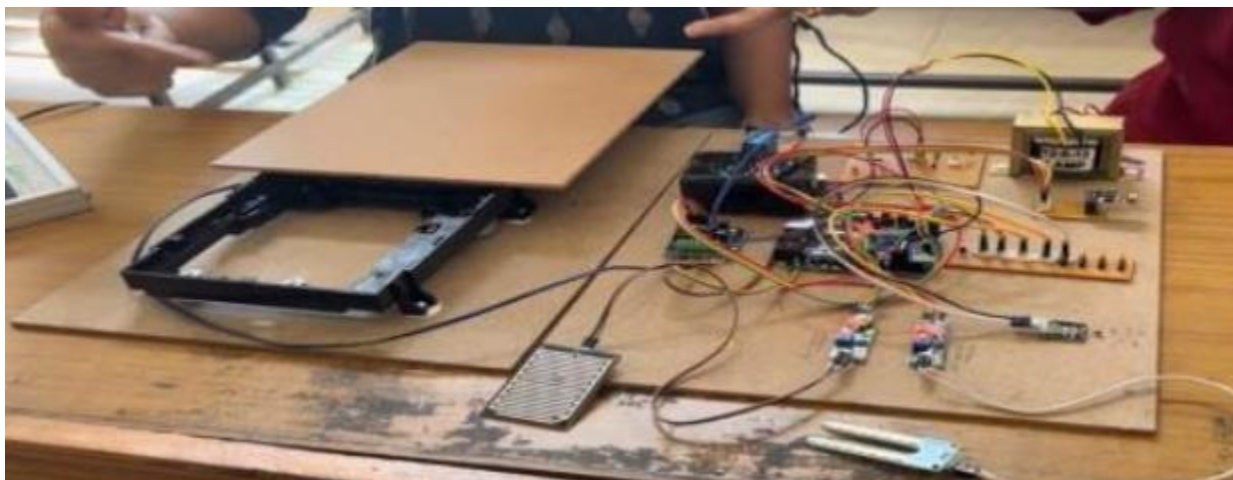
(Izvor: Varshini i sur., 2021.)

5. AUTOMATSKA ZAŠTITA OD KIŠE NA SOLARNI POGON ZA POLJSKE USJEVE POMOĆU ARDUINO UNO I SUSTAVA ZA PRAĆENJE RAZINE

Cilj je osmisliti krov koji koristi solarnu energiju za zaštitu usjeva od kiše. To se postiže korištenjem senzora vlažnosti tla i senzora temperature za automatsko navodnjavanje. Sastoji se od IOT (*Internet of Things*) tehnologije za slanje podataka u mobilnu aplikaciju *Blynk* kako bi korisnik mogao provjeriti i kontrolirati motor za navodnjavanje. Trenutačni sustavi ne mogu zaštititi usjeve od prirodnih katastrofa kao što su poplave i oborine ili od pretjerane topline od sunca. Kao rezultat toga, rast biljaka je smanjen i prinosi su smanjeni. Uslijed toga se predlaže sustav za sprječavanje truljenja usjeva uslijed jake kiše. To se postiže projektiranjem ugrađenih sustava sa sensorima, a automatizacija je ključan faktor toga jer na taj način smanjuje potrebu i za ljudskom interakcijom što, u konačnici, oslobađa pojedince od rutinskih poslova. Glavni upravljački dio projekta je *Arduino* kontroler. Senzor za kišu, senzor vlage u tlu, senzor temperature, *ESP8266 WI-FI modul*, motor za navodnjavanje, krovni motor i upravljački program motora povezani su na *Arduino*. Kada pada kiša na senzor, senzor detektira ovaj signal i šalje ga *Arduinu*. *Arduino* zatim pokriva krošnju usjeva uz pomoć svog *DC* motora. *Arduino* učitava podatke sa senzora vlage i temperature tla i ažurira ih u aplikaciji *Blynk*. Valja napomenuti da projekt koristi isključivo solarnu energiju za pokretanje sustava (M. Keerthana i sur., 2023.).

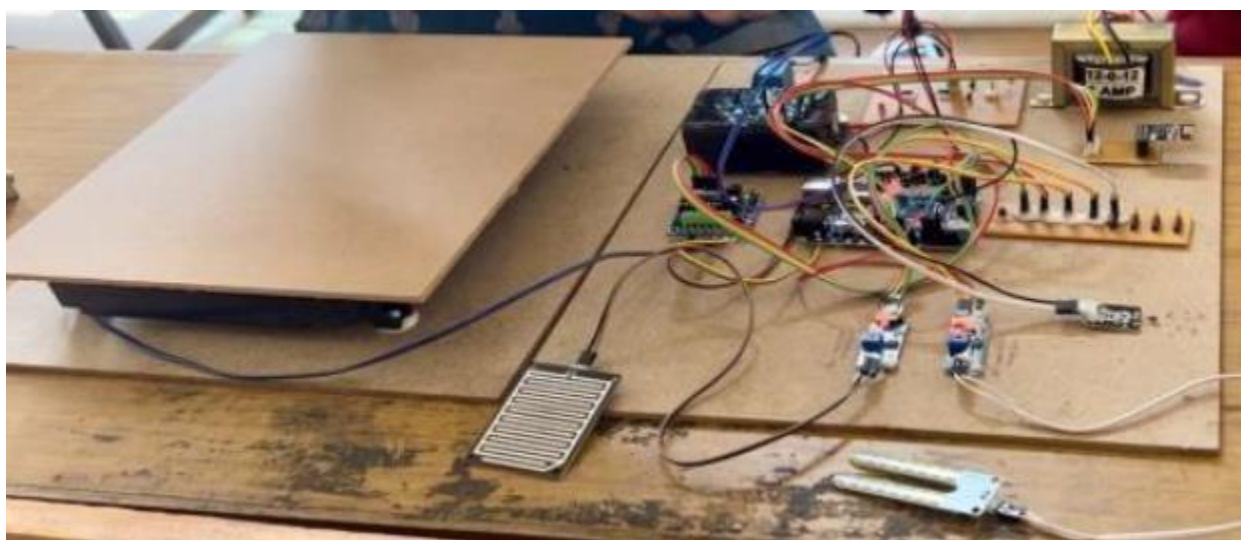
5.1. Princip rada sustava

Klikom na gumb baterije za napajanje cijelog kruga dovodimo napajanje u sustav i pokrećemo ga. Kada kiša ili voda padne na senzor za kišu, prag za kišu se šalje *Arduinu*. Prema kodu, ako je prag veći od unaprijed postavljene vrijednosti, krov za usjev će se zatvoriti. To se radi preko pokretača motora. Kod je zapisan kao kod praćenja temperature, vlažnosti i zalijevanja biljaka, vrijednosti temperature i vlažnosti očitavaju se kroz senzore i šalju u aplikaciju *Blynk* pomoću *Arduina* i *ESP8266* modula. Ove vrijednosti se prikazuju u *Blynk*-u. Motor za navodnjavanje može se uključiti ili isključiti prema potrebi. Klikom na jedan od gumba prosljedit će se signal *Arduinu*. Na slikama 24. i 25. se uočava da kad kap kiše padne na senzor za kišu, krov se automatski otvara. Kada se osuši krov se automatski zatvara. Također, na temelju sadržaja vlage u tlu ili ako se temperatura poveća možemo uključiti ili isključiti motor za navodnjavanje usjeva putem aplikacije (M. Keerthana i sur., 2023.).



Slika 23. Primjer iz prakse obavljanja testiranja gdje se kapa voda na senzor kiše, krov je otvoren.

(Izvor: M. Keerthana i sur., 2023.)

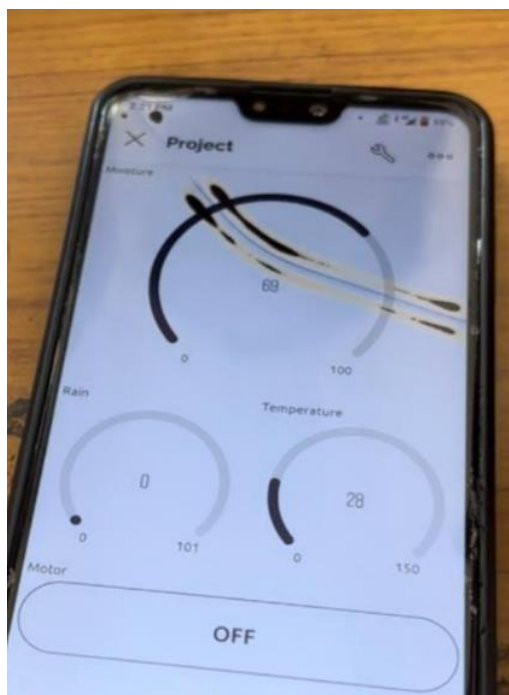


Slika 24. Zatvaranje krova uslijed padanja kapi vode na senzor.

(Izvor: M. Keerthana i sur., 2023.)

5.2. *Blynk* aplikacija

Aplikacija *Blynk* koristi se za daljinski nadzor i kontrolu povezanih uređaja koji rade na platformi *Blynk*. Pomoću *Blynka*-a moguće je automatizirati operacije na povezanim uređajima. Na slici 26. prikazano je sučelje aplikacije *Blynk*. Prikazuje vrijednosti temperature, tla i vlažnosti. *Arduino* je povezan s aplikacijom *Blynk* preko *ESP8266 Wi-Fi modula* (M. Keerthana i sur., 2023.).



Slika 25. *Blynk* aplikacija
(Izvor: M. Keerthana i sur., 2023.)

5.3. Prednosti i nedostaci sustava

Automatski kišni krovni sustav na solarni pogon s IoT kontrolom je održivo i učinkovito rješenje za zaštitu usjeva od prekomjerne štete kišnice. Vrlo je obećavajuća tehnologija koja ima potencijal revolucionirati način na koji su usjevi zaštićeni od kiše. S daljnjim razvojem i optimizacijom, ova tehnologija može postati vrlo vrijedan alat za poljoprivrednike, poboljšavajući prinos i kvalitetu usjeva uz smanjenje utjecaja tradicionalnih poljoprivrednih praksi na okoliš. Jedna od značajnih prednosti sustava je njegova održivost. Oslanja se na solarnu energiju, što ga čini ekološki prihvatljivim rješenjem koje smanjuje ugljični otisak povezan s tradicionalnim izvorima energije. Osim toga, sustav je dizajniran da bude samodostatan, zahtijeva malo održavanja i smanjuje operativne troškove povezane s tradicionalnom poljoprivrednom praksom. Nedostaci mogu uključivati veliki početni trošak postavljanja sustava, posebno za male poljoprivrednike koji možda nemaju financijska sredstva za ulaganje u takav sustav. Međutim, s vremenom sustav može sam sebe isplatiti u smislu povećanog prinosa usjeva i smanjene štete na usjevima. Kao i svaki drugi tehnološki sustav, automatski kišni krovni sustav na solarni pogon zahtijeva redovito održavanje kako bi se osigurao učinkovit rad. Poljoprivrednici će možda morati uložiti vrijeme i resurse kako bi sustav ispravno funkcionirao (M. Keerthana i sur., 2023.).

6. ZAKLJUČAK

Arduino tehnologija se sve više koristi u poljoprivredi širom svijeta kako bi se unaprijedila proizvodnja hrane, povećala učinkovitost i održivost. Ova *open-source* elektronička platforma omogućava precizno praćenje i kontrolu različitih aspekata poljoprivrede, pružajući poljoprivrednicima alate za donošenje informiranih odluka. Neki od ključnih aspekata u kojima *Arduino* tehnologija ima značajnu ulogu uključuju praćenje klimatskih uvjeta, upravljanje vodom, kontrolu uvjeta tla i automatizaciju procesa. Osnovana od strane Massima Banzija, *Arduino* je postao popularan zbog svoje jednostavnosti korištenja, fleksibilnosti i prilagodljivosti različitim poljoprivrednim potrebama. Kroz primjere poput tehnologije precizne poljoprivrede, gdje se *Arduino* koristi za prikupljanje stvarnih podataka o usjevima, tlu i uvjetima okoline, uočava se kako ova tehnologija omogućava poljoprivrednicima bolje razumijevanje njihovih gospodarstva i bolje upravljanje resursima. Uz to, *Arduino* tehnologija potiče održivost poljoprivrede kroz bolje upravljanje resursima, smanjenje gubitaka i smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Primjeri iz prakse pokazuju kako *Arduino* tehnologija unapređuje proizvodnju, povećava produktivnost i olakšava praćenje uvjeta na gospodarstvu. Unatoč mnogim izazovima, uključujući upravljanje podacima, tehničke zahtjeve, skalabilnost i sigurnost podataka, budućnost primjene *Arduino* tehnologije u poljoprivredi obećava daljnje inovacije. Razvoj senzora, analitičkih alata i integracija umjetne inteligencije i strojnog učenja „otvaraju“ nove mogućnosti za preciznu poljoprivredu i unapređenje proizvodnje hrane. U Republici Hrvatskoj, primjena *Arduino* tehnologije u poljoprivredi također raste, nudeći inovativna rješenja za hrvatske poljoprivrednike. Potpora i poticaji od strane Europske unije i nacionalnih programa dodatno potiču korištenje tehnologije u hrvatskoj poljoprivredi. *Arduino* tehnologija ima ključnu ulogu u transformaciji poljoprivrede, omogućavajući modernizaciju, održivost i bolje upravljanje gospodarstvima. S kontinuiranim razvojem i primjenom tehnologije, poljoprivrednici širom svijeta mogu unaprijediti svoja gospodarstva i osigurati održivu opskrbu hranom za budućnost.

7. LITERATURA

1. Barragán, Hernando (2015.). "The Untold History of Arduino"
2. B. Varshini, Sushma A. (2021). "SMART CROP PROTECTION USING ARDUINO", KS Institute of Technology Bangalore, India
3. Geeks For Geeks Soil Moisture measurement using Arduino and Soil Moisture Sensor <https://www.geeksforgeeks.org/soil-moisture-measurement-using-arduino-and-soil-moisture-sensor/>
4. Kushner, David (2011.). "The Making of Arduino"
5. M. Keerthana, A. Charitha, N. Vaishnavi, M. VarshaSri (2023.). "Solar Powered Automatic Rain Protection for Field Crops Using Arduino UNO and Moisture Level Monitoring System" Electrical & Electronics Engineering Department, G. Narayanamma Institute of Technology and Science Hyderabad, India
6. Random Nerd Tutorials <https://randomnerdtutorials.com/arduino-with-pir-motion-sensor/>
7. R. Pandey et al., Journal of Scientific Research (2016.). "Arduino-Based Precision Agriculture: A Review"
8. S. Gokul, B. Gokulnath, P. Manikandan, S.Saravanan, N. Mohananthini (2023.). "Smart Crop Protection From Animals And Birds Using Arduino", Department of Electrical and Electronics Engineering, Muthayammal Engineering College, Tamil Nadu, India.
9. S. Lal and Alok Choudhary, IEEE Intelligent Systems (2018.). "Data Analytics for Precision Agriculture"
10. S. Manogaran and K. Lopez, Procedia Computer Science (2017.). "Arduino-Based Automated Plant Watering System"
11. Schmidt, M. (2015). Arduino: a quick-start guide..
12. Z. Li et al., Sustainability, (2017.) "Challenges in Precision Agriculture: A Comprehensive Review"
14. Zabihollah, A. et al., Procedia Computer Science (2016.). "Environmental Monitoring in Agriculture with Arduino"
15. Zhang, Q. (2016). *Precision agriculture technology for crop farming*. Taylor & Francis.