Automatsko zalijevanje staklenika

Kuhar, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:064849

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivana Kuhar

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

Prof. dr. sc. Malden Crneković dipl. ing. Ivana Kuhar

Zagreb, 2021.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Mladenu Crnekoviću na ukazanoj stručnoj pomoći u izradi ovog završnog rada, kao i na iznimnoj ljubaznosti i strpljivosti u rješavanju problema, i upita.

Također zahvaljujem svojoj obitelji za bezuvjetnu podršku i oslonac tijekom čitavog preddiplomskog studija. Posebnom im zahvaljujem što su uvijek vjerovali u mene i što su mi omogućili daljnje studiranje u inozemstvu. Velika hvala mojim divnim prijateljima koji su svojim prisustvom uljepšali moje studentske dane.

Ivana Kuhar

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: **602 - 04 / 21 - 6 / 1**	
Ur.broj: **15 - 1703 - 21 -**	

ZAVRŠNI ZADATAK

Studentica: **IVANA KUHAR** Mat. br.: 0035214845

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **AUTOMATSKO ZALIJEVANJE STAKLENIKA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **AUTOMATIC GREENHOUSE WATERING**

Opis zadatka:

Za potrebe zalijevanja biljaka u stakleniku potrebno je projektirati sustav automatskog zalijevanja prema stanju vlage u tlu i zraku, temperaturi i godišnjem dobu.
U radu je potrebno:

- odabrati potrebne senzore i izvršne elemente,
- odabrati upravljački mikrokontroler i elektronički sat (RTC),
- napisati dijagram tijeka algoritma za zalijevanje,
- procijeniti vrijednost uređaja.

Potrebno je navesti korištenu literaturu i ostale izvore informacija, te eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
30. studenoga 2020.

Zadatak zadao:
Prof. dr. sc. Mladen Crneković

Datum predaje rada:
1. rok: 18 veljače 2021.
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.
3. rok: 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 22.2. – 26.2.2021.
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Predsjednik Povjerenstva:
Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA II
POPIS TABLICA III
SAŽETAK IV
SUMMARY V
1. UVOD 1
2. OPĆENITO O VRSTAMA SUSTAVIMA ZA ZALIJEVANJE 2
2.1. Tehnike zalijevanja 2
2.1.1. Navodnjavanje sa povišene podloge 2
2.1.1.1. Mikro navodnjavanje 2
2.1.1.2. Navodnjavanje prskalicama 4
2.1.1.3. Boom navodnjavanje 5
2.1.2. Podzemno navodnjavanje 6
2.2. Trenutačno tržište 7
3. ODABIR KOMPONENTA 11
3.1. Senzori 11
3.1.1. Senzor vlage u tlu 11
3.1.2. Senzor temperature i vlage u zraku 13
3.1.3. Senzor razine vode u spremniku 14
3.2. Real Time Clock (RTC) 16
3.3. Staklenik i spremnik za vodu 18
3.4. Pumpa za vodu 19
3.5. Ventili 19
3.6. Mikrokontroler 20
3.7. Ostalo 21
4. SKLOP I ALGORITAM 22
4.1. Sklop 22
4.2. Algoritam 24
4.3. Arduino kod 29
5. ZAKLJUČAK 35
LITERATURA 36

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Mikro navodnjavanje ... 3
Slika 2.2. Prikaz odašiljača mikro navodnjavanja ... 3
Slika 2.3. Navodnjavanje prskalicama ... 4
Slika 2.4. Boom navodnjavanje ... 6
Slika 2.5. Podzemno navodnjavanje tegli ... 7
Slika 2.6. Podzemno navodnjavanje tla ... 7
Slika 2.7. Hozelock 25 Pot Watering Kit ... 8
Slika 2.8. Irrigatia Sol-C24 ... 9
Slika 2.9. Gardena Početni komplet Lončanica ... 10
Slika 3.1. Kapacitivni senzor vlage tla V1.2 ... 12
Slika 3.2. VH400 senzor vlage tla ... 13
Slika 3.3. SHT20 senzor temperature i vlage ... 14
Slika 3.4. Senzor razine vode ... 15
Slika 3.5. Optičkog senzor razine vode ... 16
Slika 3.6. Real Time Clock PCF85063A ... 17
Slika 3.7. Staklenik ... 18
Slika 3.8. Pumpa za vodu ... 19
Slika 3.9. Elektronski ventil za vodu ... 20
Slika 3.10. Arduino Nano ... 21
Slika 4.1. Prikaz staklenika u paketu CATIA ... 23
Slika 4.2. Pogled staklenika bez stjenka staklenika ... 24
Slika 4.3. Tlocrt staklenika ... 25
Slika 4.4. Dijagram tijeka algoritma za zalijevanje biljaka ... 28

POPIS TABLICA

Tablica 3.1. Karakteristike senzora vlage tla 12
Tablica 3.2. Karakteristike VH400 senzora vlage tla 13
Tablica 3.3. Karakteristike senzora temperature i vlage 14
Tablica 3.4. Karakteristike senzora razine vode 15
Tablica 3.5. Karakteristike optičkog senzora razine vode 16
Tablica 3.6. Karakteristike RTC-a 17
Tablica 3.7. Karakteristike pumpe za vodu 19
Tablica 3.8. Karakteristike ventila za vodu 20
Tablica 3.9. Karakteristike mikrokontrolera 21
Tablica 4.1. Osnovni oblici dijagrama tijeka 24

SAŽETAK

U ovome radu prikazana je izvedba sustava automatskog zalijevanja za potrebe zalijevanja biljaka u stakleniku.

Kako bi se započela realizacija ovakvog sustava bilo je potrebno napraviti detaljan plan svih čimbenika koji utječu na sam raspored zalijevanja. Potrebno je odrediti temperaturu zraka, stanje vlage u tlu i zraku te koje je godišnje doba u trenutku zalijevanja. Za mjerenje vremenskih uvjeta potrebno je preuzeti podatke sa senzora za mjerenje temperature te pomoću Real Time Clock (RTC) se može očitati točno vrijeme i datum. Za mjerenje vlage potreban je senzor vlage koji će prikazivati trenutačno stanje. Cijelim sustavom upravlja mikrokontroler za koji je izrađen detaljan dijagram tijeka algoritma za zalijevanje. Osim same elektronike, razrađen je i sustav transporta vode od spremnika do biljaka.

Kako bi konačni proizvod bio konkurentan na tržištu, cijena pojedinih dijelova mora biti što manja. Dana je usporedba trenutačnih sustava sa realiziranim sustavom.

Ključne riječi:

Senzor temperature, senzor vlage, RTC, dijagram tijeka, mikrokontroler

SUMMARY

This thesis presents the implementation of an automatic irrigation sytem for the purpose of watering plants in a greenhouse.

In order to start the realization of such a system, it was necessary to make a detailed plan of all the factors that affect the watering schedule. It is necessary to determine the air temperature, the state of moisture in the soil and air and what time of year at the time of watering. To measure the weather conditions, it is necessary to import the data from the temperature sensor and use a Real Time Clock (RTC) to read the exact time and date od the day. A moisture sensor is needed to display the current state of moisture in a soil. The whole system is controlled by a microcontroller for which a detailed flowchart diagram of a watering algorithm has been made. In addition to the electronics, a system for transporting water from storage tanks to plant beds has been developed.

In order for the final product to be competitive on the market, the price of individual parts must be as low as possible. A comparison of present-day systems with the envisioned system is given.

Key words:

Temperature sensor, moisture sensor, humidity sensor, RTC, flowchart, microcontroller

1. UVOD

Vrtlarstvo je jedan od popularnih hobija građana koji se žele udaljiti barem na trenutak od užurbanog života modernog, brzo razvijajućeg svijeta. Vrtlarenje je opuštajuća razbibriga kojom se čovjek može riješiti stresa na zdravi i zabavan način. Veliki broj stanovnika predgrađa trenutačno ima zasađeni neki oblik vrta, bio on dekorativne ili prehrambene namjere. Ta brojka doživljava sve veći porast zbog razvitka ekološke osviještenosti među stanovništvom.

Građani žele mogućnost proizvodnje organskih namirnica u svojem vrtu. Kako bi imali svježe proizvode dostupne tokom cijele godine, a ne samo za vrijeme toplijih godišnjih doba, mnogi se okreću stakleniku kao idealnom rješenju njihovih problema. Porastom broja biljaka u stakleniku, raste i količina vremena utrošena na zalijevanje koje mnogi zaposleni entuzijasti vrtlarstva jednostavno nemaju. Zbog tog razloga, velika većina bira automatski sustav navodnjavanja njihovih biljaka. No takvi sustavi su cjenovno neprihvatljivi za novozaposlene pojedince, stoga mnogi posežu za „uradi sam“ pristup. Takav oblik izvedbe može biti ne samo jeftiniji, već i zabavan i edukativan proces koji može zbližiti ukućane, prijatelje i susjede te samim time proširit svijest o ekologiji.

U ovome završnom radu cilj je prikazati jednostavan način izrade sustava automatskog zalijevanja biljaka u stakleniku kako bi se mogao rekreirati u što većem broju i bio dostupan široj populaciji.

2. OPĆENITO O VRSTAMA SUSTAVIMA ZA ZALIJEVANJE

2.1. Tehnike zalijevanja

Prije same kupovine automatskog sustava za zalijevanje, potrebno je odlučiti se za najefikasniji sustav koji kupac može dobiti. Postoje više tehnika samog procesa zalijevanja biljaka te prilikom odabira sustava treba obratiti pažnju na svrhu koja se želi postići. Također, postavlja se pitanje o kakvom je stakleniku riječ. Je li to mali staklenik kakav se koristi za manju količinu biljaka, srednji staklenik koji se koristi u slobodno vrijeme kao hobi ili veliki profesionalni staklenik u rasadnicima?

Tehnike zalijevanja biljaka koje će biti detaljnije objašnjene u ovome radu su:

- Navodnjavanje sa povišene podloge:
    - Mikro navodnjavanje
    - Navodnjavanje prskalicama
    - Boom navodnjavanje
- Podzemno navodnjavanje

2.1.1. *Navodnjavanje sa povišene podloge*

Najupotrebljavaniji sustav zalijevanja biljaka u stakleniku je navodnjavanje sa povišene podloge. Temelji se na principu po kojem se voda pod tlakom raspršuje zrakom po biljkama. Najčešće se koristi na velikim površinama u staklenicima koje trebaju biti navodnjavane. Svi oblici sustava koji se koriste tehnikom navodnjavanja sa povišene podloge moraju sadržavati velike zalihe vode pod tlakom u spremnicima kako bi sustav funkcionirao ispravno. S obzirom na veličinu staklenika i kompleksnost sustava za zalijevanje cijena varira. Ovakav pristup dovođenja vode biljkama može dovesti do nekih neželjenih posljedica, kao što su bakterijske zaraze i gljivične infekcije lišća koje ne bi smjelo biti izloženo vodi na duži vremenski period.

2.1.1.1. *Mikro navodnjavanje*

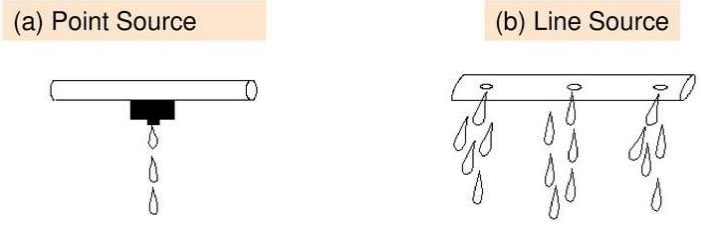
Mikro navodnjavanje je trenutačno najkorišteniji sustav zalijevanja koji se može pronaći u staklenicima koji se bave profesionalnim uzgojem. Poznatiji je po svojim tradicijskim imenima: navodnjavanje kap po kap ili gravitacijsko navodnjavanje. Mikro navodnjavanje temelji se na

pristupu da se voda dovodi u vrlo sporim dotocima, gotovo kap po kap odakle je došao i sam naziv za ovu tehniku, samom korijenju biljaka iz spremnika sa vodom. Spremnik koji sadrži zalihe vode mora biti na povišenoj podlozi kako bi voda izlazila pod pritiskom.



Slika 2.1. Mikro navodnjavanje

Ovaj sustav navodnjavanja može se podijeli u dvije kategorije: odašiljač točkastog izvora i odašiljač linijskog izvora. Točkasti izvor koristi se najčešće za navodnjavanje drveća i grmlja. Ovakav odašiljač izbacuje preciznu malu količinu vode kroz jedan otvor. Uglavnom je napravljen od plastičnog materijala. Za razliku od točkastog, odašiljač linijskog izvora sastoji se od cijevi sa više otvora koja dovodi protok vode do dovodnih cijevi.



Slika 2.2. Prikaz odašiljača mikro navodnjavanja

Ovaj sustav zalijevanja donosi mnogobrojne prednosti koje ga čine jednim od najzastupljenijih tehnika za navodnjavanje u staklenicima. Prvenstveni razlog je to što ovakav princip rada štedi količinu vode koja se troši pri zalijevanju. Osim što se štedi na količini vodi, štedi se i na samom upravljanju i održavanju ovakvih sustava. Drugim riječima, utrošak energije koji se koristi za cirkulaciju vode je manji. Mikro navodnjavanje doprinosi uniformnosti biljaka koje se uzgajaju.

No nažalost svi procesi dolaze sa svojim nedostacima, stoga se ni s mikro navodnjavanjem ne mogu izbjeći. Prvi najveći nedostatak je naravno početna cijena samog sustava koji košta više nego navodnjavanje pomoću prskalicama. Iako je trošak na održavanje manji nego kod navodnjavanja sa spuštene podloge, svejedno se ne može zanemariti. Kako bi se spriječilo začepljenje odašiljača, u protok se povremeno mora ubaciti određene kemikalije. Ovakav način održavanja zahtjeva i kvalificirano osoblje koje će upravljati ovakvim sistemom zalijevanja.

2.1.1.2. *Navodnjavanje prskalicama*

Navodnjavanje pomoću prskalica prvenstveno se koristi za biljke kojima ne šteti kontakt lišća s vodom. Ovaj pristup navodnjavanja biljaka imitira kišu koja bi inače u prirodi obavljala posao zalijevanja biljaka. Prskalice se koriste u širokom spektru primjena, od poljoprivrednih do hobističkih. Prskalice pokrivaju veliku površinu biljaka te se zbog toga koriste na većim farmama i rasadnicima.



Slika 2.3. Navodnjavanje prskalicama

Ovaj sustav navodnjavanja zahtjeva nepokretne cijevi na koje se vežu prskalice na ekvidistantnoj udaljenosti, kako bi se cijelo područje moglo što efikasnije pokriti i zaliti. Voda se mrežom cijevi kreće pomoću pumpa. Mreža cijevi sa prskalicama nalazi se direktno iznad biljaka na optimalnoj visini kako ne bi smetala vrtlarima u stakleniku. Navodnjavanje pomoću prskalica također se može koristiti i sa spuštene podloge na sličan princip rada.

Prvenstvene prednosti navodnjavanja prskalicama definitivno su jednostavnost ugradnje sustava i pristupačna cijena ugradnje. Ovakav pristup zalijevanju lagan je za automatizaciju i mehanizaciju. Može se koristiti za gotovo sve vrste zemlja i tla. Pošto sustav pokriva cijelo područje jednako, i rezultati raspodjele vode biti će jednaki što će rezultirati jednakim proizvodima.

Glavni nedostatak navodnjavanja prskalicama je gubitak vode zbog raspršenja kapljica vode po površinama oko samih spremnika sa biljkama, ali i zbog isparavanja vode prije nego li stigne do biljke, posebice u ljetnim mjesecima. Ako su u stakleniku otvoreni prozori kako bi se dobio protok zraka, to može također dovesti do zanošenja vode što dovodi do neravnomjernog zalijevanja. Cijena nabave opreme je također visoka, iako je manja nego kod mikro navodnjavanja. Potrebna je velika i stalna količina vode u spremnicima.

2.1.1.3. *Boom navodnjavanje*

Boom navodnjavanje je pokretan oblik zalijevanja biljaka koji je veoma sličan navodnjavanju pomoću prskalica. Ovakav način zalijevanja biljaka temelji se na jednoj ili više cijevi koja sadrži nekoliko mlaznica na sebi. Ta cijev se nalazi ili na pokretnoj traci na povišenoj podlozi ili na pomičnim kolicima koje se kreću između redova spremnika sa biljkama. Ovaj sustav pokreće se pomoću baterije ili izvora električne energije, ovisno o veličini samoga staklenika.

Prednosti boom navodnjavanja su jednolika raspodjela vode biljkama i manje cijevi nego li je to potrebno u prijašnjim metodama. Manji utrošak vode je potreban za razliku od navodnjavanja sa prskalicama.

Ovakav pristup nije za manje razmjere uzgoja u staklenicima jer zahtjeva puno prostora za manevar. Kao i kod navodnjavanja sa prskalicama, gubitak vode je značajno veći od navodnjavanja kap po kap. Biljke na rubovima spremnika ponekad ne budu pokrivene pa do njih ne dopire dovoljna količina vode koja bi im trebala za uspješan rast.



Slika 2.4. Boom navodnjavanje

2.1.2. *Podzemno navodnjavanje*

Za razliku od prijašnjih navedenih tehnika zalijevanja biljaka u stakleniku, ova metoda ima sasvim drugačiji pristup. Voda se dovodi cijevima ispod zemlje samom korijenju biljaka. Ako su biljke zasađene u velikim spremnicima ili u samome tlu, dovodne cijevi trebaju biti postavljene prije sadnje biljaka. Ako su biljke zasađene u teglama, na primjer cvijeće, onda su te tegle postavljene u veće spremnike u koje se dostavlja voda. Pomoću kapilarnosti voda će napredovati kroz zemlju dok ne stigne do biljke.

Prednosti ovakvog načina zalijevanja su manji utrošak vode i potrebe za gnojivom. Manji je postotak vlage u stakleniku te su manje šanse za prenošenjem bolesti biljaka ako dođe do zaraze. Ovaj pristup je nekonvencionalan pa treba ostaviti više prostora za uhodavanjem vrtlara, također je potrebno dnevno provjeravanje kakvoće tla da ne bi došlo do pretjeranog zalijevanja. Cijena sustava može biti skuplja.



Slika 2.5. Podzemno navodnjavanje tegli



Slika 2.6. Podzemno navodnjavanje tla

2.2. Trenutačno tržište

Nakon što je vrtlar upoznat sa različitim tehnikama zalijevanja biljaka i njihovim prednostima i nedostacima, slijedeće što mu preostaje je izabrati koji sustav će koristiti za navodnjavanje njegovog staklenika. Najvažniji kriterij kod odabira automatskog sustava za zalijevanje je naravno budžet s kojim pojedinac raspolaže. Idući kriteriji za odabir najboljeg sustava za određenu vrstu staklenika su veličina i mogućnost pokrivanja što većeg broja biljaka, lakoća instalacije, snaga potrebna za napajanje sustava, mogućnosti namještanja operacija automatskog dozatora vode te mogućnost okretanja pojedine mlaznice. Imajući navedene čimbenike, napravljen je popis najtraženijih automatskih sustava za zalijevanje na trenutačnom tržištu.

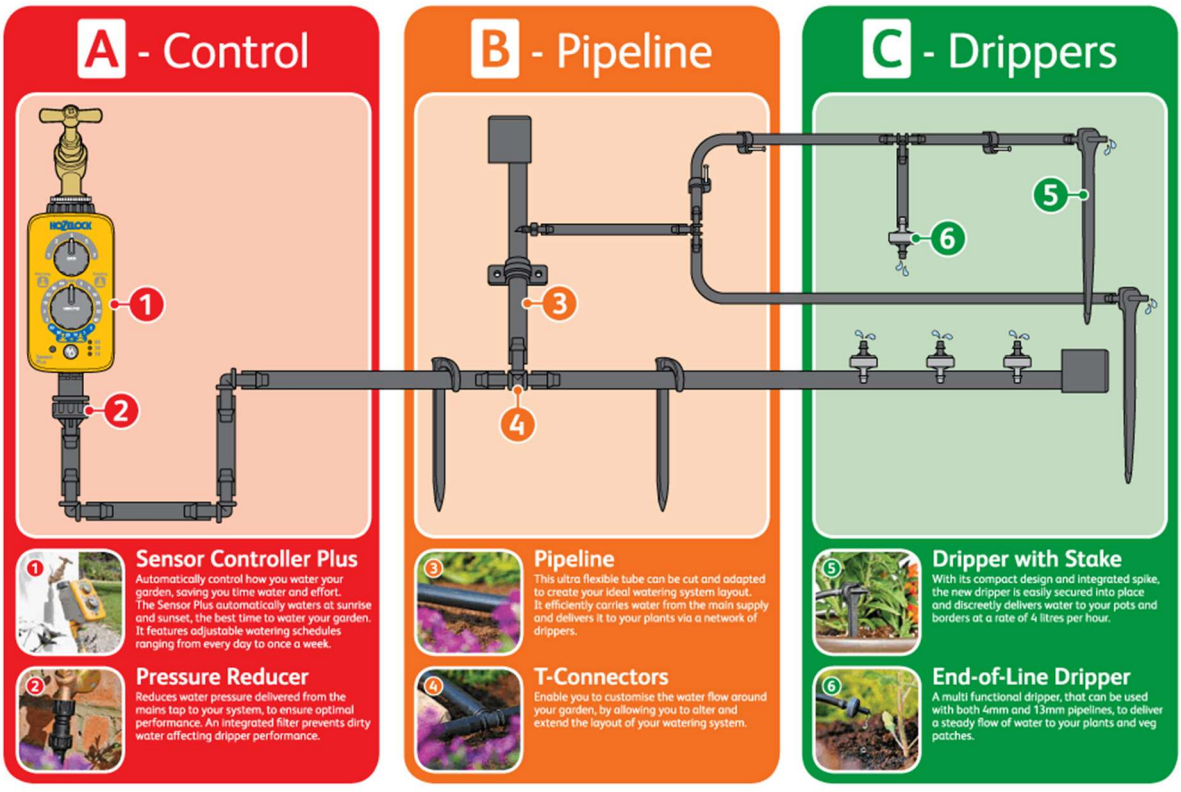
Prvi na popisu je *25 Pot Watering Kit* tvrtke Hozelock. Zahvaljujući svojim brojnim karakteristikama već je godinama pri vrhu ljestvice najboljih automatskih sustava za navodnjavanje biljaka za kućanske namjene. Prvenstveno se koristi kod većih staklenika. *Pot Watering Kit* dolazi u više oblika, od manjeg broja biljaka koje može pokriti pri zalijevanju do vrste automatskog dozatora vode koji se koristi. Ovaj sustav može se nadograditi te još više automatizirati kako bi se upravljao pomoću mobilnog telefona. Cijena jednog takvog sustava za zalijevanje je približno 760 kuna i proizvod je dostupan na Amazonu.

Prednosti:

- Automatski dozator vode se lako upravlja i senzorske je naravi
- Pokriva do 25 tegli biljaka
- Mikro navodnjavanje
- Individualno zalijevanje pojedinih biljaka
- Spaja se na vodovod
- Za unutarnju i vanjsku primjenu

Nedostaci:

- Moguće curenje vode na mjestima redukcijskih T-dijelova
- Automatski dozator vode ne nudi previše opcija za programiranje vremena zalijevanja



Slika 2.7. Hozelock 25 Pot Watering Kit

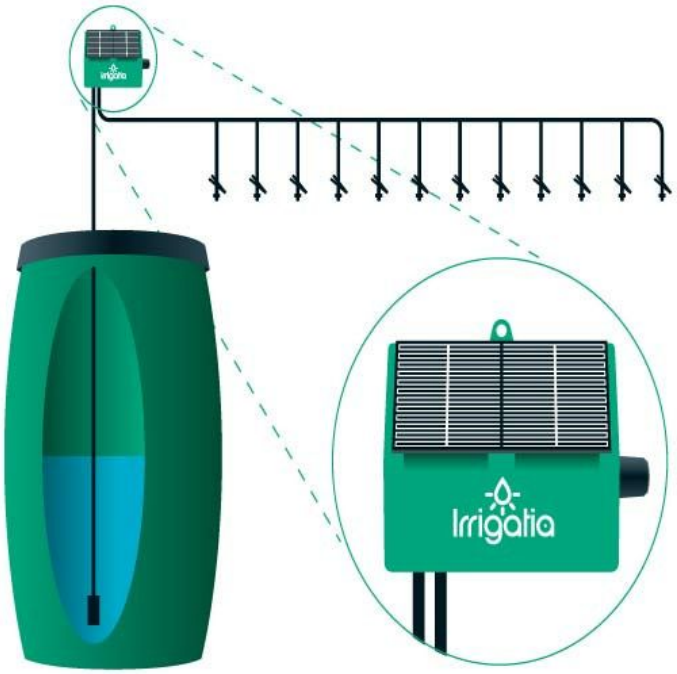
Idući automatski sustav za navodnjavanje biljaka je *L series Sol-C24 Weather Responsive Solar Automatic Watering System* tvrtke Irrigatia. Odličan je izbor za sve one koji žele bit ekološki održivi. Pomoću solarnog panela, uređaj preuzima podatke o vremenu i određuje količinu vode s kojom će biljke biti zalivene. Pumpa za vodu također se napaja sa strujom dobivenom solarnim panelom. Cijena ovog sustava za navodnjavanje je veća nego kod prijašnjeg sustava i iznosi približno 940 kuna te je dostupna na web-stranici tvrtke Irrigatia.

Prednosti:

- Pokriva zalijevanje do 24 tegli
- Spremnik s kišnicom
- Mikro navodnjavanje
- Ekološki prihvatljivo
- Senzor za upozorenje pri niskoj razini vode u spremniku

Nedostaci:

- Bučna pumpe za vodu
- Problematično za suhu klimu bez puno padalina
- Nije prikladno za velike staklenike
- Nije primjereno za biljke koje ne trebaju veliku količinu vode



Slika 2.8. Irrigatia Sol-C24

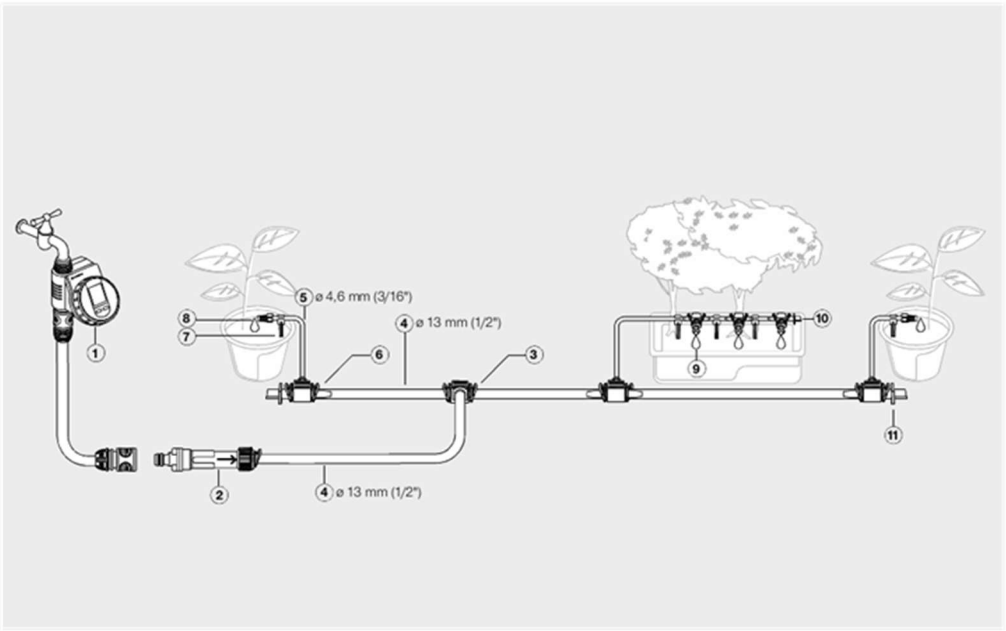
Zadnji automatski sustav za zalijevanje biljaka koji je detaljno objašnjen je *Početni komplet Lončanica M automatic* tvrtke Gardena. Koristi se za manje staklenike. Moguća je i vanjska primjena. Specifičnost ovog sustava je da ima nekoliko opcija zalijevanja. Cijena ovog sustava za navodnjavanje je najmanja od svih prijašnjih sustava i iznosi 415 kuna te je dostupna u Bauhausu.

Prednosti:

- Mikro navodnjavanje
- Spaja se na vodovod
- Svaka mlaznica prima individualnu količinu vode
- Različite mogućnosti zalijevanja biljaka

Nedostaci:

- Prigodno amo za male količine biljaka
- Velike tegle zahtijevaju dvije mlaznice za zalijavnje



Slika 2.9. Gardena Početni komplet Lončanica

3. ODABIR KOMPONENTA

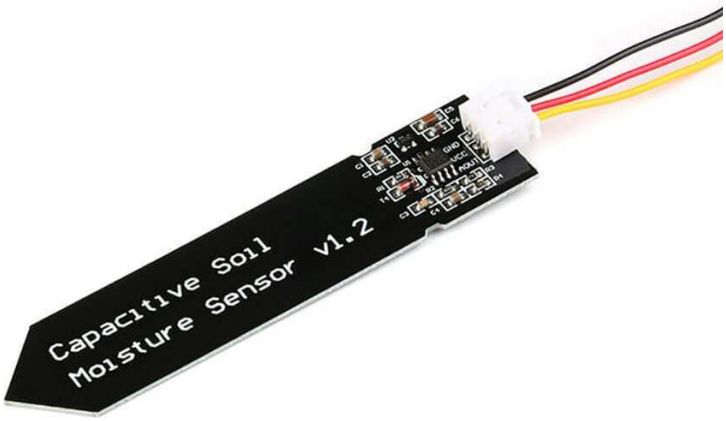
3.1. Senzori

3.1.1. *Senzor vlage u tlu*

Senzor vlage u tlu najvažniji je komponenta ovoga automatskog sustava za zalijevanje jer bez njega mikrokontroler ne može odrediti kada je najbolji trenutak za zalijevanje biljaka. On detektira količinu vlage u tlu te ovisno o tome je li zadovoljen prag vlage u tegli šalje signale mikrokontroleru koji odlučuje o potrebi za zalijevanjem. Budući da su biljke u stakleniku zaštićene od vanjskih uvjeta, senzor ne treba biti pretjerano izdržljiv i robustan kao što bi trebao biti da je riječ o vanjskom vrtu. Potrebna je kraća sonda jer biljke zasađene u staklenicama nemaju iznimno duboko korijenje.

Postoje dvije vrste zapisa signala senzora za mjerenje vlage u tlu, analogni i digitalni. Jednostavnija i jeftinija varijanta je analogni senzor koji ne zahtjeva baterije i uglavnom prikazuje očitanja na skali od 1 do 10. Manji brojevi označuju suho tlo, dok veći brojevi označuju vlažno tlo koje nije potrebno zalijevati. Za razliku od analognih, digitalni senzori su precizniji, prikazuju očitanja u decimalu, i skuplji te zahtijevaju punjenje pomoću baterija ili USB priključka.

Senzori za vlagu prvenstveno se dijele na otporne i kapacitivne senzore. Otporni senzori su manje precizni i jeftiniji od kapacitivnih te se često moraju zamjenjivati jer korodiraju u tlu. Zbog navedenih činjenica, izabran je kapacititvan senzor kao dugotrajno rješenje. Kapacititvni senzori mjere vlagu pomoću električke provodljivosti tla koristeći dielektrične materijale. Izabran je Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 koji je kapacitivni senzor koji daje analogni signal te se zbog toga spaja na analogni pin mikrokontrolera. Što je veći postotak vlage u tlu, bit će manji DC izlazni napon. Ovim senzorom ne može se odrediti točan postotak vlage tla, već se dobiva raspon koji je naveden kasnije u radu. Ovaj senzor dostupan je za 5 kn preko internet trgovine AliExpress.



Slika 3.1. Kapacitivni senzor vlage tla V1.2

Tehničke karakteristike ovoga senzora prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 3.1. Karakteristike senzora vlage tla

Radni napon	3,3 – 5,5 V
Izlazni napon	0 - 3 V
Radna struja	5 mA

Za profesionalniju izvedbu ovoga sustava može se koristiti senzor vlage tla tvrtke Vegetronix. Ono što izdvaja ovaj senzor od ostalih je činjenica da nekorodira te sa time produžuje vijek trajanja uređaja. Odabrani senzor ima analogni signal u rangu 0 - 614 (0 - 3 V) ovisno o udjelu vlage tla. Spaja se na analogni pin mikrokontrolera. Senzor mjeri otpor i to prebacuje u DC napon. Cijena izabranog senzora ovisi o izboru dužine kabla, a za 5 m kabla je 290 kn.



Slika 3.2. VH400 senzor vlage tla

Tehničke karakteristike ovoga senzora prikazane su u sljedećoj tablici:

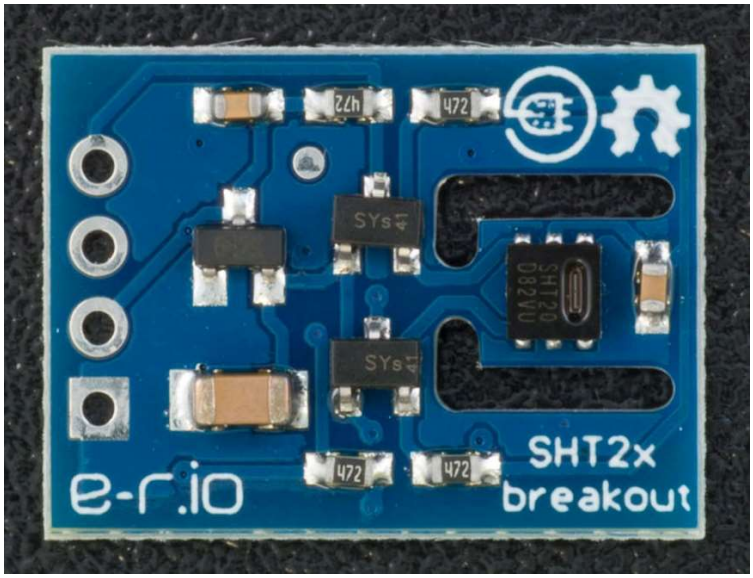
Tablica 3.2. Karakteristike VH400 senzora vlage tla

Napon napajanja	3,5 - 20 V
Izlazni napon	0 - 3 V
Izlazna impedancija	10 kΩ
Raspon radne temperature	od -40°C do 80°C
Preciznost pri 25°C	2%

3.1.2. *Senzor temperature i vlage u zraku*

Svaki staklenik treba imati regulirane uvjete rada kako bi se pospješio usjev. Nakon odabira tehnike zalijevanja, slijedeći najvažniji čimbenici koji trebaju biti zadovoljeni su odgovarajuća temperatura i vlaga zraka. Sa porastom temperature, raste i količina vlage u zraku. Za veliku većinu biljaka u staklenicima, idealna temperatura za rast je 27°C. Iako svaka vrsta biljaka zahtjeva svoje temperaturne kriterije, uvaženi raspon temperatura iznosi od 24 do 32°C. Za takav temperaturni raspon, vlaga zraka iznosi otprilike preko 90%. Zbog navedenih iznosa vrijednosti temperature i vlage koja će biti mjerena pomoću izabranog senzora, odabran je SHT20 senzor temperature i vlage senzor koji daje analogni signal te se zbog toga spaja na analogni pin mikrokontrolera. Ovaj senzor daje linearizirani signal u digitalnom I2C formatu. Odabrani senzor zadovoljava kriterije te ima dvostruku funkciju te samim time smanjuje broj

žica potrebnih za spajanje što pridonosi lakšem spajanju i održavanju sustava. Cijena izabranog senzora hrvatske tvrtke e-radionica je 79 kn.



Slika 3.3. SHT20 senzor temperature i vlage

Tehničke karakteristike ovoga senzora prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 3.3. Karakteristike senzora temperature i vlage

Raspon mjerenje relativne vlage	0-100% RH
Preciznost mjerenja relativne vlage	0,04% RH (12bit)
Tolerancija relativne vlage	± 3,0%
Raspon mjerenja temperature	od -40°C do 125°C
Preciznost mjerenja temperature	0.01°C (14bit)
Tolerancija temperature	±0.3°C
Minimalno vrijeme odaziva	5 s

3.1.3. *Senzor razine vode u spremniku*

Kako bi se spriječila situacija nestašice zaliha vode u spremniku, potrebno je regulirati razinu vode spremnika. Mjerenje visine vode obavlja digitalni senzor razine vode koji djeluje na principu magnetskog prekidača i magneta. Budući da daje digitalni signal, spaja se na digitalni pin mikrokontrolera. Ako je izlaz HIGH spremnik je prazan, a ako je izlaz LOW onda spremnik ima dovoljno vode. Cijena jednog ovakvog uređaja tvrtke e-radionica iznosi 19 kn.



Slika 3.4. Senzor razine vode

Tehničke karakteristike ovoga senzora prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 3.4. Karakteristike senzora razine vode

Maksimalna struja	0,5 A
Maksimalni napon	100 V
Raspon radne temperature	10 - 85°C
Snaga potrošnje	10 W

Za profesionalniju izvedbu ovoga sustava može se koristiti digitalni senzor razine vode tvrtke SparkFun. Ono što izdvaja ovaj senzor od ostalih je činjenica da je optički senzor. Zahvaljujući svojim dizajnom, senzor se ne sastoji od pokretnih mehaničkih dijelova koji se znaju zapeti što dovodi do greška u očitavanju razine vode u spremniku. Kada je senzor uronjen u vodu, infracrveno svijetlo mijenja količinu svijetla koju šalje fototranzistoru, a to je označeno izlazom LOW. Budući da daje digitalni signal, spaja se na digitalni pin mikrokontrolera. Cijena izabranog senzora je 158 kn.



Slika 3.5. Optičkog senzor razine vode

Tehničke karakteristike ovoga senzora prikazane su u sljedećoj tablici:

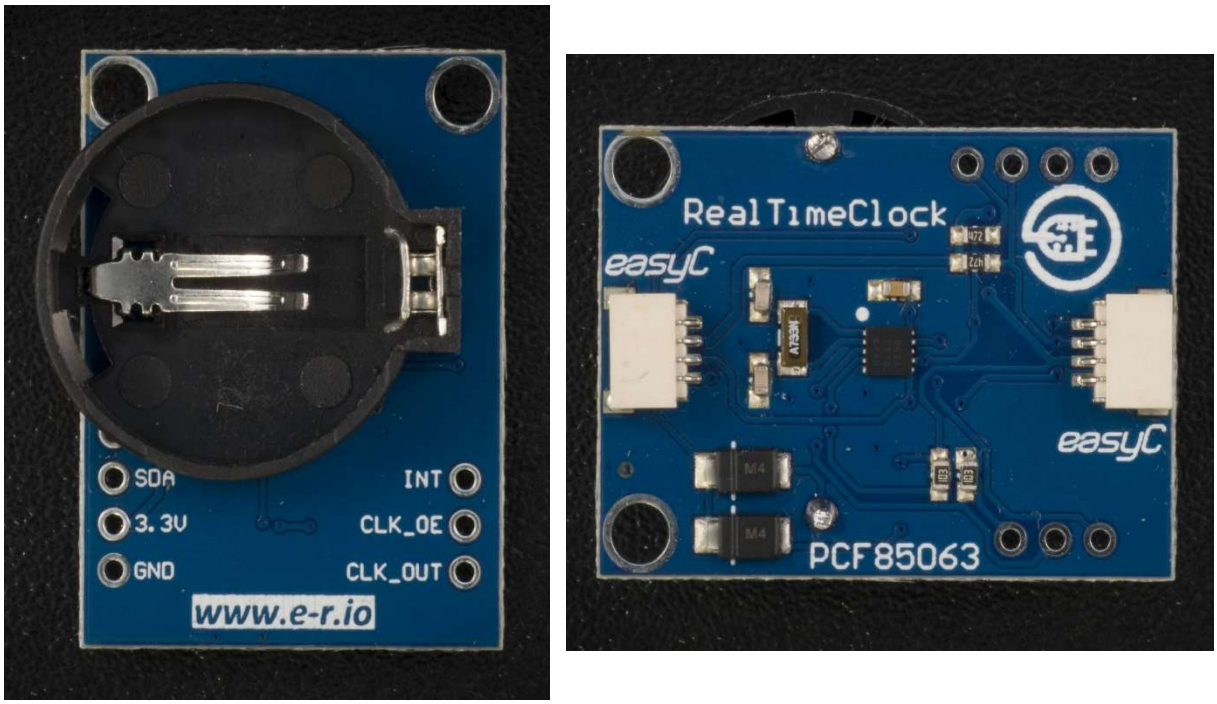
Tablica 3.5. Karakteristike optičkog senzora razine vode

Radni napon	4,5 – 15,4 V
Radna struja	2,5 mA
Raspon radne temperature	Od -25 do 85°C
Pričvršćenje vijkom	M12x1

3.2. Real Time Clock (RTC)

Budući da navodnjavanje biljaka itekako ovisi o vremenskim uvjetima koji su u trenutku zalijevanja aktualni, Real Time Clock je prijeko potreban za uspješno odrađivanje zadatka. Biljke se prvenstveno zalijevaju u jutarnjim i večernjim terminima kako bi se spriječilo njihovo uništenje zbog topline te da se spriječilo isparavanje vode kako se ne bi bespotrebno trošila količina vode potrebna za zalijevanje.

Osim navedenog razloga, RTC također pamti stvarno vrijeme u slučaju da je mikrokontroler isključen te pri ponovnom uključivanju može prikazati stvarno vrijeme, a ne vrijeme koje je bilo u trenutku isključivanja. Budući da nije potreban iznimno napredan RTC, izabran je Real Time Clock PCF85063A tvrtke e-radionica zbog pristupačne cijene koja iznosi 19 kn. Ovaj uređaj prima analogne signale koje očitava pomoću I2C komunikacije.



Slika 3.6. Real Time Clock PCF85063A

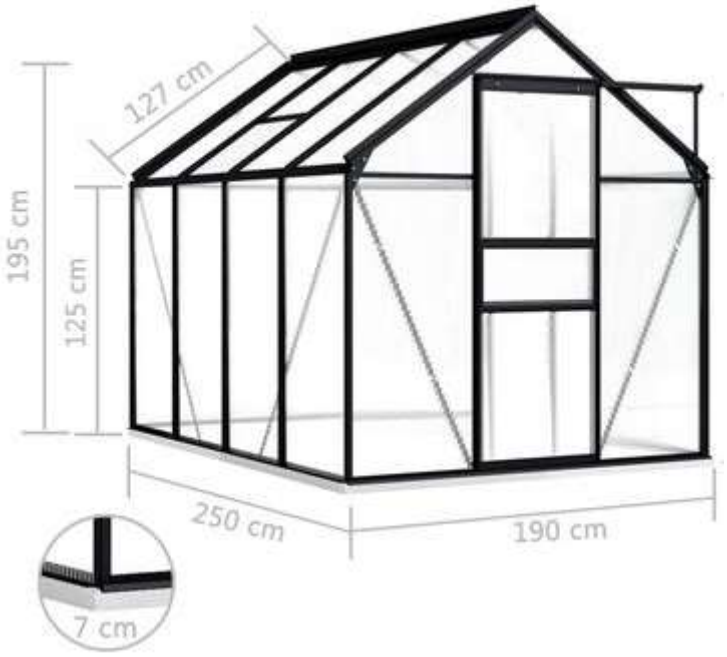
Tehničke karakteristike ovoga RTC-a prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 3.6. Karakteristike RTC-a

Komunikacija	I2C
RTC IC	PCF85063A
Radni napon	0,9 – 5,5 V
Radna struja	0,22 μA
Izlazne frekvencije za periferne uređaje	32,768 kHz, 16,384 kHz, 8,192 kHz, 4,096 kHz, 2,048 kHz, 1,024 kHz, i 1 Hz
Električni kapacitet integriranog oscilatora	7 pF ili 12,5 pF

3.3. Staklenik i spremnik za vodu

Za potrebe ovoga završnog rada, izabran je staklenik manjih dimenzija kapaciteta 7,933m2, tvrtke vidaXL i cijene 2989 kn. Ukupna površina staklenika iznosi 4,75 m2 dok je za iskoristivost površine procjena 80 % ukupne što znači da je iskoristiva površina 3,80 m2.



Slika 3.7. Staklenik

Procjena količine potrebne vode za zalijevanje ovisi o vrsti biljaka koje su zasađene u stakleniku. Povrće i voće zahtjeva veće količine vode od cvijeća. Za svaku od vrsta biljaka, zalihe vode u spremnicima proračunavaju se za najtoplije dane u godini. Za povrće i voće to iznosi oko 14 litara po kvadratnome metru, dok je za biljke ta brojka gotovo deset puta manja. Ovaj projekt je pokrenut iz ideje za automatsko zalijevanje cvijeća te će se i ovdje proračunavati za njih. Uzevši u obzir dugogodišnje iskustvo starijih generacija, uzeta je mjera od 1,5 litre po kvadratnome metru koja se po potrebi može prilagoditi. Ukupna potrošnja litara dnevno za odabrani staklenik iznosi 5,7 l.

Izabran je 80 litreni spremnik za vodu koji će moći sadržavati dvotjednu zalihu vode tvrtke unimar cijene 470 kn. Dimenzije spremnika iznose 0,7 x 0,4 x 0,3 m. Iako bi se za tako malu količinu vode dnevno mogao iskoristiti hidrostatski tlak vode za osiguravanje dovoljnog pritiska, ventili imaju propisani tlak koji se mora zadovoljiti kako bi uspješno radili. Kako bi se maksimalno iskoristio prostor u stakleniku, tegle sa biljkama su postavljene na stolove visine

0.5 m. Spremnici s vodom nalaze se ispod stolova kako bi se omogućila prohodnost staklenikom. Za veće potrebe vode, mogu se uzeti veći spremnici ili kupiti više spremnika.

3.4. Pumpa za vodu

Pumpa za vodu tvrtke e-radionica ima protok 240 l/h što je sasvim dovoljno za mikro navodnjavanje koje ne zahtjeva velike količine vode u kratkom vremenu. Može raditi kao potopna pumpa ili se priključiti s cjevčicom. Cijena tog uređaja je 89 kn.



Slika 3.8. Pumpa za vodu

Tehničke karakteristike ove pumpe za vodu prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 3.7. Karakteristike pumpe za vodu

Napon	12 V
Maksimalna visina na koju može doći tekućina	3 m
Protok	240 l/h
Vanjski promjer cijevi za odvod	8 mm
Dimenzije	55 x 52 x 41 mm

3.5. Ventili

Različite biljke zahtijevaju različite količine vode za zalijevanje. Većina cvijeća može se podijeliti u tri skupine: cvijeće koje se dnevno zalijeva, cvijeće koje se svakih par dana zalijeva

te cvijeće koje se jednom tjedno zalijeva. Imajući na umu ta tri zahtjeva za vodom, potrebna su tri ventila. Odabran je elektronski ventil za vodu koji propušta vodu u jednom smjeru samo kada je aktiviran. Cijena jednog ventila je 75 kn.



Slika 3.9. Elektronski ventil za vodu

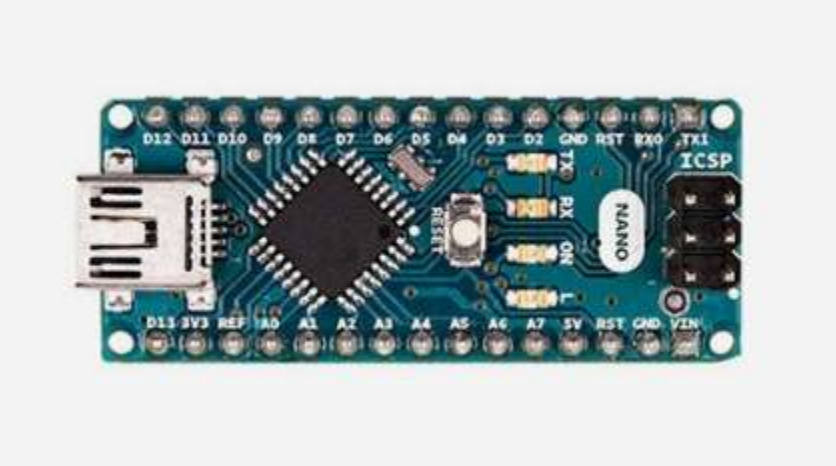
Tehničke karakteristike ovoga ventila za vodu prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 3.8. Karakteristike ventila za vodu

Napon	12 V
Vanjski promjer cijevi	½ inch ili 12,7 mm
Dimenzije	78 x 60 mm

3.6. Mikrokontroler

Svakom automatskom sustavu potreban je "mozak operacije", a u ovom završnom radu odabran je mikrokontroler tvrtke Arduino zbog svoje jednostavnosti, pristupačnosti i prijašnjih vlastitih iskustava sa radom na njima. Zbog analognih podataka koje senzori mjere, najbolji mikrokontroler koji odgovara zahtjevima konkretnog sustava je Arduino Nano jer sadrži dovoljan broj analognih pinova. Potreban broj analognih pinova za senzore i RTC je 7 dok Arduino Nano sadrži njih 8. Od 22 digitalnih pinova koji se nalaze na mikrokontroleru, 13 pinova će zauzimati senzor razine vode, ventili LCD i RTC. Temelji se na Atmelovom mikroprocesoru ATmega328P. Cijena jednog mikrokontrolera Arduino Nano je 150 kn.



Slika 3.10. Arduino Nano

Tehničke karakteristike ovoga mikrokontrolera prikazane su u sljedećoj tablici:

Tablica 3.9. Karakteristike mikrokontrolera

Mikrokontroler	ATmega328	Flash memorija	32 KB od kojih je 2 KB iskorišteno na bootloader
Radni napon	5V	SRAM	2 KB
Ulazni napon (preporučeni)	7-12V	EEPROM	1 KB
Potrošnja struje	19 mA	Radni takt	16 MHz
Broj digitalnih I/O pinova	22 (od kojih su 6 PWM izlaz)	Arhitektura	AVR
Broj digitalnih PWM I/O pinova	6	Duljina	18 mm
Broj analognih pinova	8	Širina	45 mm
DC struja za I/O pin	40 mA	Masa	7 g

3.7. Ostalo

Osim gore navedenih komponenata, potrebne su cijevi za vodu odgovarajućih dimenzija i njihovi nastavci za prilagođavanje jer pumpa i ventil nemaju iste promjere koje zahtijevaju. Od elektroničkih komponenta, potrebne su žice, otpornici, tranzistori, diode, LCD zaslon, pribor za lemljenje, baterije odgovarajućih napona za napajanje te eksperimentalna pločica (engl. breadboard). Sva elektronika postavljena je unutar kućišta kako bi se sačuvala od okoline.

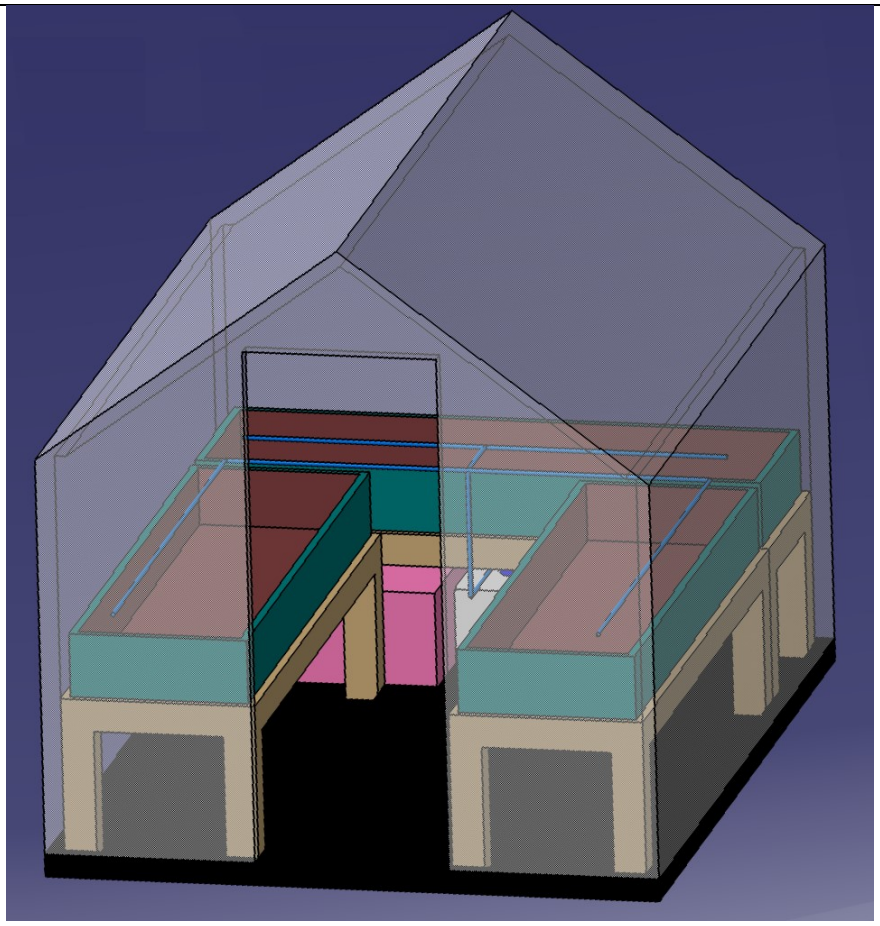
4. SKLOP I ALGORITAM

4.1. Sklop

Nakon detaljnog proučavanja tehnika zalijevanja, izabrana je metoda mikro navodnjavanjem jer se s njome mogu dobiti najučinkovitiji rezultati. Kako bi se napravio prototip sklapanja sustava pomno su izabrane preporučene komponente koje se mogu nabaviti preko internet trgovina.

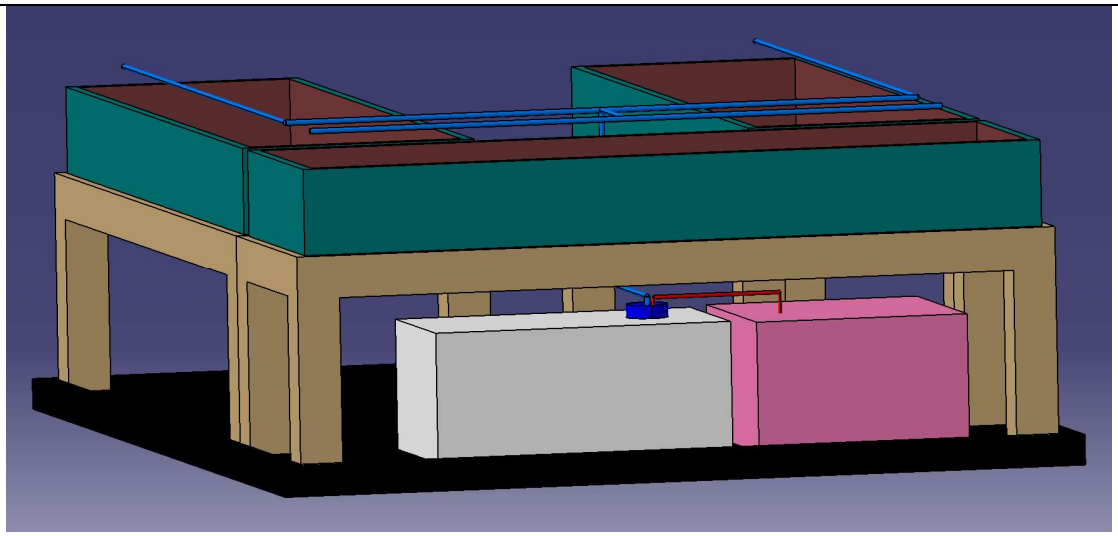
Unutar granica staklenika postavljena su tri identična stola dimenzija 180 x 60 x 50 cm. Stolovi su postavljeni u formatu oblika slova U kako bi se omogućio nesmetan prolaz između zasađenih biljaka. Na svaki stol postavljena je jedna velika tegla za biljke dimenzija 175 x 55 x 20 cm. Dimenzije i količina tegla za biljke mogu se po potrebi mijenjati. Spremnik za vodu nalazi se ispod stola uz stražnju stranu staklenika. Pokraj spremnika nalazi se kućište u kojem je cijela elektronika sadržana. Preostaje neiskorišteni prostor ispod dvaju stolova koji se može upotpuniti s još spremnika za vodu i/ili opremom i priborom za kultiviranje biljaka.

Pomoću CAD softverskog paketa CATIA V5R21 konstruirana je prostorna vizualizacija staklenika i rasporeda stolova, spremnika za vodu, kućišta, tegli za biljke i cijevi za transport vode od spremnika do tegli s biljkama. Ovaj sastavljeni sklop simboličkog je prikaza kako bi se olakšala vizualizacija sustava za navodnjavanje staklenika te kako bi se po ovom konceptualnom sklopu mogao u budućnosti realizirati.



Slika 4.1. Prikaz staklenika u paketu CATIA

Na slijedećoj slici prikazan je pogled sa stražnje strane staklenika bez stjenka staklenika kako bi se što bolje moglo predočiti konceptualno rješenje. Plave cijevi bile bi polegnute na površinu tla zelenih tegli kako bi se spriječilo neželjeno isparavanje vode i oštećenje lišća biljaka. Crvenom bojom simbolički je prikazan kabel koji spaja elektroničke komponente u ružičastom kućištu sa potopnom pumpom unutar bijelog spremnika za vodu.

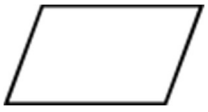
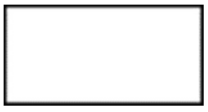
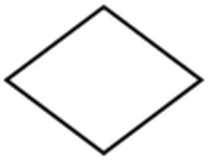


Slika 4.2. Pogled staklenika bez stjenka staklenika

4.2. Algoritam

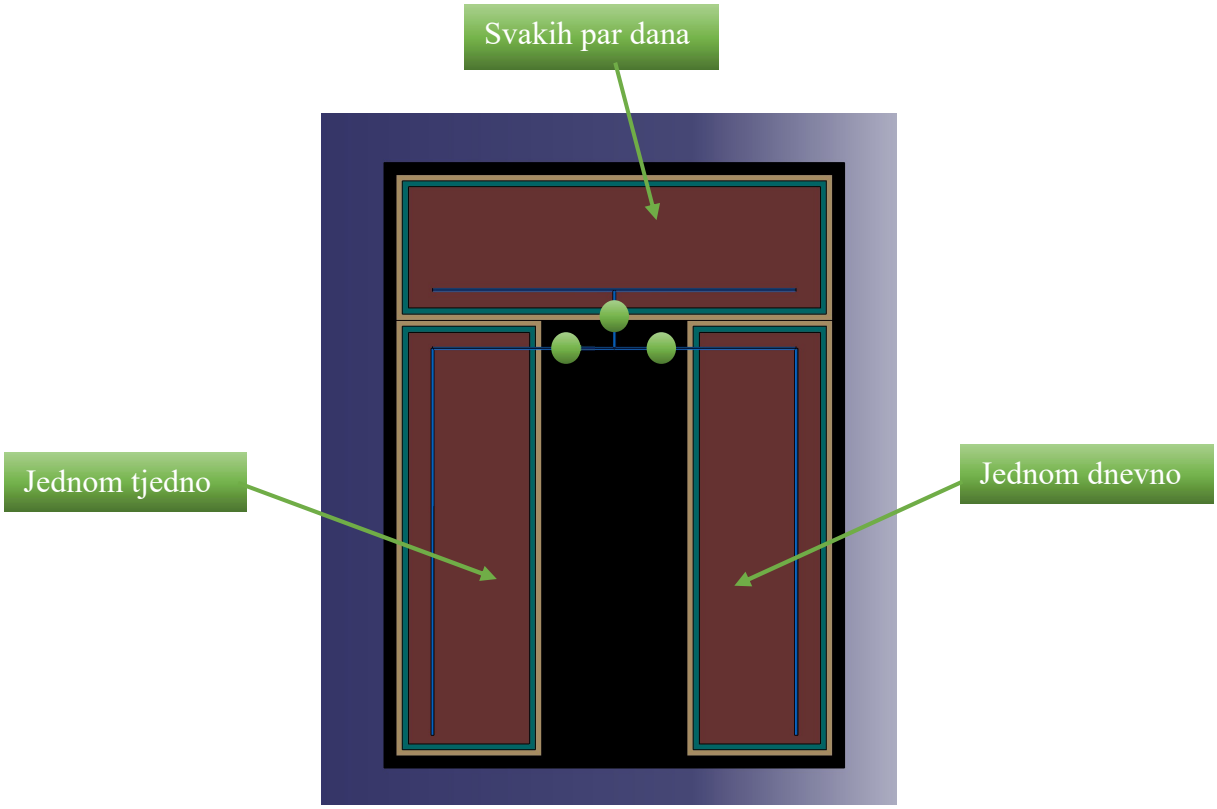
Kako bi se automatizirao sustav zalijevanja biljaka u stakleniku potreban je svojevrsna „kuharica“ po kojoj se treba postupati. Budući da mikrokontroler ne može samostalno odlučivati, za njega treba odrediti način funkcioniranja u određenim situacijama. On očitava svoje upute iz simboličkog dijagrama zvanog dijagram tijeka. Dijagram tijeka je grafička reprezentacija slijeda naredba i stanja. Sastoji se od nekoliko općenitih oblika od kojih svaki ima određeno značenje.

Tablica 4.1. Osnovni oblici dijagrama tijeka

	Početak / Kraj
	Podaci
	Obrada
	Odluka
	Poveznice

○	Spojnica / Čvor

Budući da ovaj projekt sadrži tri velike tegle za biljke, svaka od njih imat će zaseban režim zalijevanja biljaka. Lijeva tegla sadržavat će cvijeće koje zahtjeva zalijevanje jednom tjedno, kao što su to recimo kaktusi, sukulentni i mediteransko bilje. Srednja tegla sadržavat će cvijeće koje zahtjeva zalijevanje svakih par dana, primjerice božićna zvijezda i fikus ginseng. Dok će u zadnjoj, desnoj tegli obitavati biljke koje zahtijevaju vodu jednom dnevno, na primjer muškatli i maćuhice.



Slika 4.3. Tlocrt staklenika

Zbog tih triju režima zalijevanja biljaka potrebna su tri ventila koja će regulirati protok vode namijenjen svakoj tegli. Ventili se nalaze nakon grananja cijevi no prije same tegle koju je potrebno zalijevati. Na slici 20. prikazana su mjesta ventila na cijevima i označeni su zelenim kružićima.

Pomoću podataka preuzetih sa RTC-a mikrokontroler može odrediti točan datum i doba dana i prikazati očitanja na LCD zaslonu. Za vrijeme ljeta dok su najtopliji dani u godini, sustav će trošiti najviše vode za održavanje biljaka. Dok za vrijeme zime dok većina biljaka hibernira i

dok su najhladniji dani u godini, sustav će trošiti najmanje vode za zalijevanje biljaka. U proljeće i jesen će podjednako trošiti zalihe vode. S obzirom na doba dana, mikrokontroler će zalijevati biljke ujutro i predvečer kako bi se spriječilo isparavanje i devastacija zarazom biljaka. Primjerice, ako je podne mikrokontroler neće zalijevati biljke.

Što se tiče senzora koji očitava vlagu tla, pomoću njega mikrokontroler dobiva trenutačno stanje biljke zasađene u određenoj tegli. U svakoj tegli postavljen je jedan senzor koji očitava zabilježene vrijednosti. Ako je prag vlage u tlu zadovoljen, onda se ventil neće otvoriti bez obzira na uobičajeni vremenski raspored zalijevanja. No ako prag vlage tla nije zadovoljen i jutro je ili predvečerje onda će ventil propustiti vodu do tegle. Rezultate dobivene očitanjem senzora prikazuju se na LCD zaslonu.

Prag vlage tla dan je od strane proizvođača senzora:

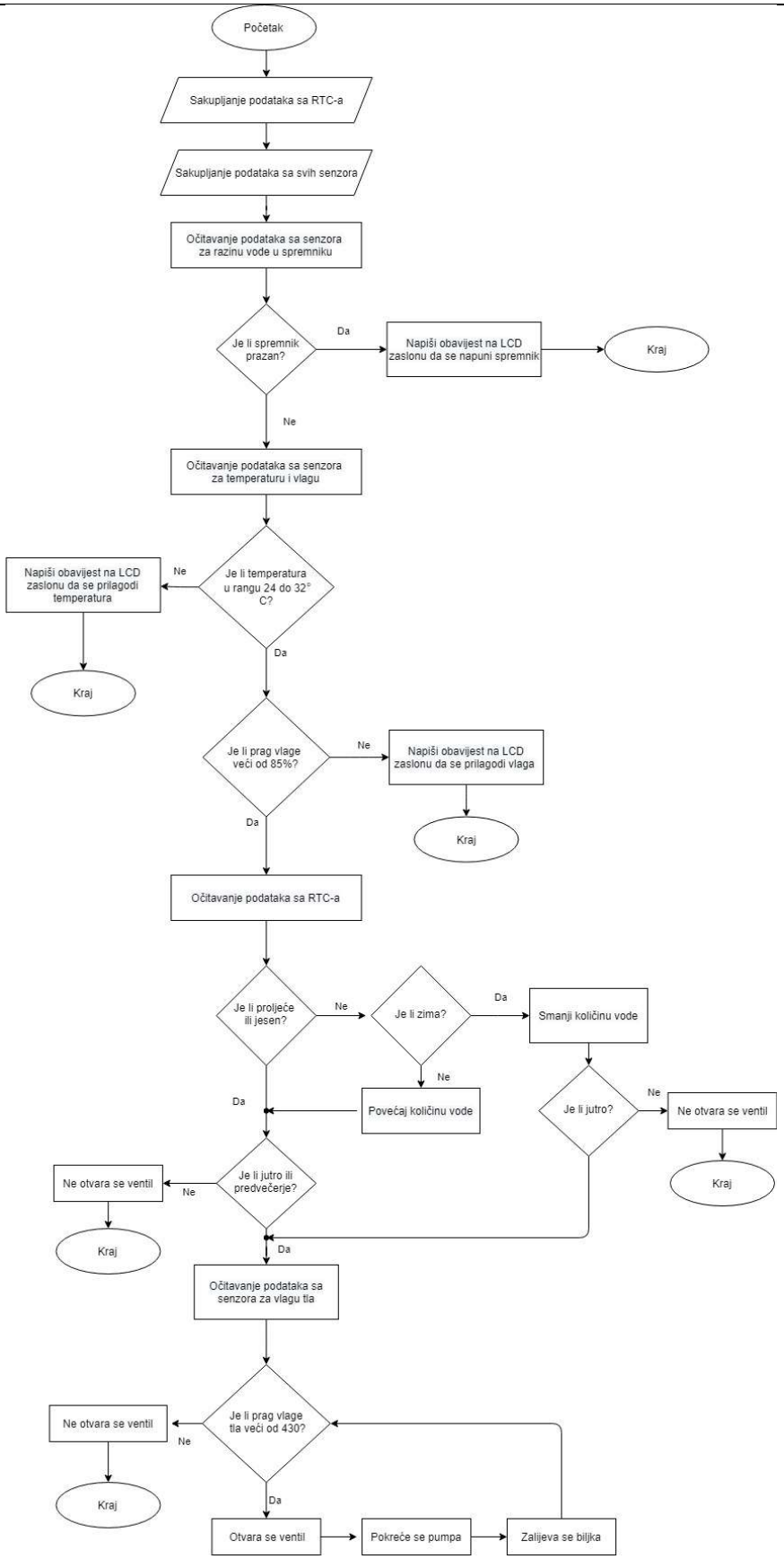
- > 430 presuho
- 430 - 350 ciljano područje
- < 350 prevlažno

Senzor razine vode u spremniku služi samo da obavijesti vrtlara kada treba nadopuniti spremnik s novom količinom vode.

Senzor temperature i vlage zraka mjeri aktualno stanje u stakleniku. Postavljen je temperaturni raspon koji iznosi od 24 do 32°C te ako se taj prag premaši šalje s obavijest na LCD zaslonu. U slučaju da je preniska temperatura u stakleniku se trebaju zatvoriti otvori na stijenama staklenika i ako je to bolje opremljeni staklenik upaliti grijalica. Za slučaj kada se nadmaši gornja temperaturna granica, šalje s obavijest na LCD zaslonu. U ovoj situaciji otvori i vrata se trebaju otvoriti kako bi se ostvario maksimalni protok zraka koji bi mogao smanjiti temperature u stakleniku. Za bolje opremljene staklenike, pale se ventilatori koji rashlađuju prostor. Što se tiče praga vlage u zraku, postavljen je prag od 85% koji treba uvijek biti zadovoljen. Ako je premala količina vlage može se postaviti kanta sa vodom u staklenik te će se s vremenom postići potreban prag. Ako je prevelika količina vlage potrebno je smanjiti temperaturu staklenika te će se s vremenom vlaga u zraku smanjiti. Kako bi vlaga u zraku bila stabilna, potrebno je i stabilno održavanje temperature. Reguliranjem temperature može se utjecati na vlagu u zraku.

Kada mikrokontroler dobije naredbu od senzora ili RTC-a da treba poslati vodu prema biljkama, on aktivira pumpu za vodu. Kroz potopnu pumpu koja se nalazi u spremniku za vodu prolazi voda cijevima do ventila. Ovisno o situaciji i prikupljenim očitanjima, ventili se aktiviraju i propuštaju vodu dalje do krajnjeg cilja. Voda kapa kap po kap sve dok senzor vlage tla ne kaže suprotno.

Napravljen je detaljan prikaz dijagrama tijeka algoritma za zalijevanje biljaka pomoću web stranice diagrams.net. Prikazan je na idućoj stranici na slici 21.



Slika 4.4. Dijagram tijeka algoritma za zalijevanje biljaka

4.3. Arduino kod

Detaljno je razrađen kod u Arduinu po gore navedenom dijagram tijeka.

```
//AUTOMATSKO ZALIJEVANJE STAKLENIKA


#include <PCF85063A.h>
PCF85063A rtc;
#include <SHT21.h>
SHT21 sht;

float temp;       // varijabla za spremanje temperature
float vlaga;      // varijabla za spremanje vlage

// definiranje globanih varijabli

int stanje_gumba = 1;     //očitava stanje gumba
float koeficijent_god_doba;
int dan_u_tjednu;
int vrijeme;


//inicijalizacija pinova
// analogni pinovi

int senzor_vlage_1 = A0;
int senzor_vlage_2 = A1;
int senzor_vlage_3 = A2;
int rtc_data = A4;
int rtc_clock = A5;
int senzor_temp_vlage_data = A6;
int senzor_temp_vlage_clock = A7;


// digitalni pinovi

int RTC = 2;
int ventil_1 = 4;
int ventil_2 = 7;
int ventil_3 = 8;
int pumpa = 12;
int senzor_razine_vode = 13;


void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();                         // započni Wire(I2C), senzor temperature i vlage
```

```
  pinMode(senzor_razine_vode, INPUT_PULLUP);
  pinMode(pumpa, OUTPUT);
  pinMode(ventil_1, OUTPUT);
  pinMode(ventil_2, OUTPUT);
  pinMode(ventil_3, OUTPUT);
}


void loop()
{
  if (provjera_spremnika()==HIGH)
  {
    delay(1200000);
    return;
  }

  if (provjera_temp()==HIGH)
  {
    delay(1200000);
    return;
  }

  if (provjera_vlage()==HIGH)
  {
    delay(1200000);
    return;
  }

  provjera_godisnjeg_doba();
  provjera_dan_u_tjednu();
  provjera_vremena();

  provjera_vlage_tla_1();
  provjera_vlage_tla_2();
  provjera_vlage_tla_3();

  delay(1200000);
}


// funkcija provjere razine vode spremnika
int provjera_spremnika()
{
  stanje_gumba = digitalRead(senzor_razine_vode);

    if (stanje_gumba == HIGH) {
      Serial.println("spremnik prazan");
    }
    else {
      Serial.println("spremnik pun");
```

```
    }
    delay(5000);
    return stanje_gumba;
}


// funkcija provjere temperature zraka
int provjera_temp()
{
  temp = sht.getTemperature();            // očitaj temperaturu iz sht
  Serial.print("Temperatura zraka : ");
  Serial.println(temp);
  delay(1000);
  if (temp<=32 && temp>=24)
  {
    return LOW;
  }
  else
  {
    return HIGH;
  }
}


// funkcija provjere vlage zraka
int provjera_vlage()
{
  vlaga = sht.getHumidity();              // očitaj vlagu iz sht
  Serial.print("Vlaga zraka : ");
  Serial.println(vlaga);
  delay(1000);
  if (vlaga>=85)
  {
    return LOW;
  }
  else
  {
    return HIGH;
  }
}


// funkcija provjere vlage tla 1
void provjera_vlage_tla_1()
{
  // zalijevaj u ovom periodu
  if ( ! (( vrijeme>=6 && vrijeme<=8 ) || ( vrijeme>=19 && vrijeme<=21 )) )
    return;
  // jednom dnevno zalijevaj
```

```
  int vlaga1 = analogRead(senzor_vlage_1); // očitavanje vrijednosti senzora vlage tla 1
  Serial.println(vlaga1);
  if (vlaga1>=430)
    {
     Serial.println("Zalijevanje 1");
     digitalWrite(ventil_1, HIGH);   // upali ventil 1 na 2 min
     delay(5000);
     digitalWrite(pumpa, HIGH);      // upali pumpu na 2 min
     delay((int)(120000*koeficijent_god_doba) );
     digitalWrite(pumpa, LOW);       // ugasi pumpu
     delay(5000);
     digitalWrite(ventil_1, LOW);    // ugasi ventil 1
     delay(5000);
     Serial.println("Zavrseno zalijevanje 1");
    }
}


// funkcija provjere vlage tla 2
void provjera_vlage_tla_2()
{
  // zalijevaj u ovom periodu
  if ( ! (( vrijeme>=6 && vrijeme<=8 ) || ( vrijeme>=19 && vrijeme<=21 )) )
    return;
  // pon, sri i pet zalijevaj
  if ( !(dan_u_tjednu==1 || dan_u_tjednu==3 || dan_u_tjednu==5) )
    return;

  int vlaga2 = analogRead(senzor_vlage_2); // očitavanje vrijednosti senzora vlage tla 2
  Serial.println(vlaga2);
  if (vlaga2>=430)
    {
     Serial.println("Zalijevanje 2");
     digitalWrite(ventil_2, HIGH);   // upali ventil 2 na 2 min
     delay(5000);
     digitalWrite(pumpa, HIGH);      // upali pumpu na 2 min
     delay((int)(120000*koeficijent_god_doba) );
     digitalWrite(pumpa, LOW);       // ugasi pumpu
     delay(5000);
     digitalWrite(ventil_2, LOW);    // ugasi ventil 2
     delay(5000);
     Serial.println("Zavrseno zalijevanje 2");
    }
}


// funkcija provjere vlage tla 3
void provjera_vlage_tla_3()
{
  // zalijevaj u ovom periodu
```

```
  if ( ! ( vrijeme>=6 && vrijeme<=8 ) )
    return;
  // samo subotom zalijevaj
  if ( dan_u_tjednu!=6 )
    return;

  int vlaga3 = analogRead(senzor_vlage_3); // očitavanje vrijednosti senzora vlage tla 3
  Serial.println(vlaga3);
  if (vlaga3>=430)
    {
      Serial.println("Zalijevanje 3");
      digitalWrite(ventil_3, HIGH);   // upali ventil 3 na 2 min
      delay(5000);
      digitalWrite(pumpa, HIGH);      // upali pumpu na 2 min
      delay((int)(120000*koeficijent_god_doba) );
      digitalWrite(pumpa, LOW);       // ugasi pumpu
      delay(5000);
      digitalWrite(ventil_3, LOW);    // ugasi ventil 3
      delay(5000);
      Serial.println("Zavrseno zalijevanje 3");
    }
}


// funkcija provjere datuma
void provjera_godisnjeg_doba()
{
  int mjesec = rtc.getMonth();
  switch( mjesec )
  {
// zima
    case 1:
    case 2:
    case 12:
      koeficijent_god_doba = 0.8;
      break;
// ljeto
    case 6:
    case 7:
    case 8:
      koeficijent_god_doba = 1.2;
      break;
// proljece i jesen
    default:
      koeficijent_god_doba = 1.0;
      break;
  }
}
```

```
// funkcija provjere datuma
void provjera_dan_u_tjednu()
{
  // 0 - nedjelja .....  6 - subota
  dan_u_tjednu = rtc.getWeekday();
}


// funkcija provjere vremena
void provjera_vremena()
{
  vrijeme = rtc.getHour();
}
```

5. ZAKLJUČAK

Budući da je ovaj projekt teorijskog tipa nije napravljena njegova realizacija u fizičkome svijetu već je izrađen koncept po kojem se sustav za automatiziranje staklenika može provesti. Detaljno su istražene tehnike zalijevanja biljaka i pomno je izabrana najbolja među njima po kriterijima najveće ekonomičnosti te najefikasnijih uvjeta za razvoj plodova biljaka. Također, proučeno je i trenutačno tržište kako bi se mogao usporediti projektirani sustav za zalijevanje biljaka.

Navedene su preporučene komponente uređaja te njihova pojedinačna cijena. Cijena ukupnog uređaja za automatsko zalijevanje staklenika iznosi 596 kn. U tu cijenu nisu uračunati staklenik, spremnik za vodu te cijevi i preostale elektroničke komponente koje nisu detaljno razrađene u završnome radu. Detaljno je razrađen i predloženi raspored unutar staklenika za optimalno iskorištenje prostora. Napravljen je i dijagram tijeka algoritma za zalijevanje koji se može primijeniti kao predložak za sve programske jezike.

Ovaj završni rad ima prostora za poboljšanje i nadogradnju sustava. Moguće je napraviti komunikacijsku vezu između mikrokontrolera i pametnog telefona putem WiFi veze. Primjerice pomoću takve poveznice bila bi moguća provjera stanja razine vode u spremniku iz udobnosti vlastitog doma. Također, moguće je umjesto spremnika s vodom direktno se spojiti na vodovod ako je on u blizini staklenika. Moguće je i sustav oplemeniti solarnim panelima i spremnikom za kišnicu kako bi se smanjio ekološki otisak i cijene režija kućanstva.

Ovaj projekt zahtjeva brojna znanja stečena na studiju Mehatronike i robotike, ali i tradicionalnija znanja općeg strojarstva. Osim što je realizacija ovoga sustava poučan proces, veoma je i koristan u današnjem svijetu pogođenom krizom izazvanom bolesti COVID-19.

LITERATURA

[1] *Automated greenhouse*, https://ieeexplore.ieee.org/document/7295887, 12.5.2021.

[2] *Irrigating Greenhouse Crops,* http://www.greenhouse-management.com/greenhouse_management/irrigating_greenhouse_crops/greenhouse_irrigation_systems.htm, 12.5.2021.

[3] *Koračno navodnjavanje staklenika,* https://moorefoamsystems.com/1453-step-by-step-irrigation-of-a-greenhouse-watering-methods-rules-tips, 12.5.2021.

[4] *How does overhead irrigation work?,* https://home.howstuffworks.com/how-does-overhead-irrigation-work.htm, 12.5.2021.

[5] Basics of Microirrigation, *http://cotton.tamu.edu/Irrigation/B-6160microirrigationBasics.pdf,* 13.5.2021.

[6] *10 Advantages and Disadvantages of Sprinkler Irrigation System, https://www.1001artificialplants.com/2018/10/17/10-advantages-and-disadvantages-of-sprinkler-irrigation-system/*, 13.5.2021.

[7] *The advantages of subirrigation*, https://www.greenhousemag.com/article/tech-solutions-advantages-subirrigation/, 13.5.2021.

[8] *Best irrigation System For A Greenhouse,* https://besthose.co.uk/best-irrigation-system-for-a-greenhouse/, 13.5.2021.

[9] *Top 6 Best Greenhouse Watering and Irrigation Systems,* https://www.pyracantha.co.uk/best-greenhouse-watering-systems/, 13.5.2021.

[10] *Arduino Nano*, https://store.arduino.cc/arduino-nano , 30.6.2021.

[11] *The Best Soil Moisture Meters for Healthy Plants,* https://www.bobvila.com/articles/best-soil-moisture-meter/ , 14.5.2021.

[12] *Measuring soil humidity: Capacitive Soil Moisture Sensor,* https://theplantbot.com/measuring-soil-humidity-capacitive-moisture-sensors/, 14.5.2021.

[13] *Interface Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 with Arduino*, https://how2electronics.com/interface-capacitive-soil-moisture-sensor-arduino/, 14.5.2021.

[14] *Stop Over-Watering With Soil Moisture Sensors*, https://www.vegetronix.com/Products/VH400/ , 30.6.2021.

[15] *Happy Sprout*, https://www.happysprout.com/outdoor-living/greenhouse-temprature-humidity/, 15.5.2021.

[16] *SHT20 senzor temperature i vlage*, https://e-radionica.com/hr/sht20-senzor-temperature-i-vlage.html, 15.5.2021.

[17] *Senzor razine vode*, https://e-radionica.com/hr/senzor-razine-vode.html , 17.5.2021.

[18] *Interfacing float sensor with Arduino*, https://www.gadgetronicx.com/interfacing-float-sensor-arduino/, 17.5.2021.

[19] *SST Liquid Level Sensor,* https://www.sparkfun.com/products/13835 , 30.6.2021.

[20] *RTC PCF85063A,* https://e-radionica.com/hr/rtc-real-time-clock-pcf85063-e-radionica.html?___from_store=en, 19.5.2021.

[21] *PCF85063A*, https://docplayer.net/21079940-Pcf85063a-1-general-description-2-features-and-benefits-3-applications-tiny-real-time-clock-calendar-with-alarm-function-and-i-2-c-bus.html, 19.5.2021.

[22] *vidaXL Staklenik,* https://www.vidaxl.hr/e/vidaxl-staklenik-s-okvirom-antracit-aluminijski-475-m%C2%B2%09/8719883814018.html?utm_source=vidaxl_jeftinije&utm_medium=price_comparison&utm_campaign=hr_webshop&utm_term=8719883814018&utm_content=Home_Garden, 21.5.2021.

[23] *Sizing the greenhouse water system,* https://www.gardencentermag.com/article/sizing-the-greenhouse-water-system/, 21.5.2021.

[24] *Spremnik za vodu,* https://shop.unimar.hr/product/catalog/5219470/spremnik-za-vodu-80l-700x400x300mm, 18.6.2021.

[25] *Pumpa za vodu,* https://e-radionica.com/hr/pumpa-tiha-5v-200-400l-m.html, 18.6.2021.

[26] *Elektronski ventil za vodu,* https://e-radionica.com/hr/elektronski-ventil-za-vodu.html, 20.6.2021.

[27] https://app.diagrams.net/, 25.6.2021.

[28] *Capacitive Soil Moisture Sensor SKU*, https://www.sigmaelectronica.net/wp-content/uploads/2018/04/sen0193-humedad-de-suelos.pdf, 27.6.2021.

[29] *Controlling A Solenoid Valve With Arduino* ,https://bc-robotics.com/tutorials/controlling-a-solenoid-valve-with-arduino/, 1.7.2021.

[30] *Arduino – Control Pump,* https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-controls-pump, 1.7.2021.

[31] *KKM: PCF85063A RTC,* https://e-radionica.com/hr/blog/2020/05/21/kkm-pcf85063a-rtc/, 1.7.2021.

[32] *HUM: SHT21 & SHT20 Temperature and Humidity Sensor,* https://e-radionica.com/en/blog/kkm-sht21-sht20-senzor-temperature-i-vlage/, 1.7.2021.

[33] *Float switch or float sensor with Arduino,* https://pijaeducation.com/arduino/sensor/float-switch/, 1.7.2021.