Edugarden - pametni vrt

Penić, Andrej

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:065187

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-22**

Repository / Repozitorij:

FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repozitory

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 100

EDUGARDEN - PAMETNI VRT

Andrej Penić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 100

EDUGARDEN - PAMETNI VRT

Andrej Penić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Zagreb, 4. ožujka 2024.

DIPLOMSKI ZADATAK br. 100

Pristupnik:	**Andrej Penić (0069084091)**
Studij:	Informacijska i komunikacijska tehnologija
Profil:	Automatika i robotika
Mentor:	prof. dr. sc. Davor Škrlec

Zadatak: **Edugarden - pametni vrt**

Opis zadatka:

Potreba za proizvodnjom kvalitetne hrane u kontroliranim uvjetima otvorila je prostor za primjenu tehnologije pri uzgoju biljaka u zatvorenim prostorima. Na taj način se uklanja sve veći rizik od utjecaja klimatskih promjena i stvaraju uvjeti koji omogućavaju urod kroz cijelu godinu. Automatizacija procesa navodnjavanja i prihrane biljaka je jedna dimenzija problema, a osiguravanje odgovarajuće rasvjete LED tehnologijom druga dimenzija problema. Ovakva rješenja se definiraju pojmom "pametni vrt". Zadatak je opisati prijedloge primjene edukacijskog proizvoda Edugarden u obrazovnom sustavu s pokaznim primjerima nastave.

Rok za predaju rada: 28. lipnja 2024.

Zahvala

Zahvaljujem se svome mentoru prof.dr.sc. Davoru Škrlecu na izdvojenom vremenu i uloženom trudu u moje mentorstvo. Zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci u završavanju studija. Zahvaljujem se mom kolegi s kojim sam iz studentske sobe pokrenuo ovaj projekt koji nam je danas postao posao. Zahvaljujem se svojim poslovnim mentorima, bez kojih ne bi bilo moguće ostvariti poslovanje naše tvrtke i dovesti proizvod od ideje do realizacije i prodaje.

Sadržaj

Uvod 1

1. Nastanak tvrtke Smart Garden Systems 2

1.1. Studentski projekt 2

1.2. Edukacijski vrt „drvo“ 2

1.3. Javni natječaji 4

2. Tehnologija za uzgoj biljaka 5

2.1. Svjetlost 6

2.1.1. Svjetlo za biljke 9

2.1.2. PAR 10

2.1.3. PPF 11

2.1.4. PPFD 12

2.1.5. DLI 14

2.2. Vrste supstrata 16

2.2.1. Hidroponski uzgoj 16

2.3. Senzori 17

3. Edukacija djece 19

3.1. EduGarden u školstvu 19

4. EduGarden 21

4.1. Konstrukcija 22

4.2. ESP32 23

4.3. Lampa 24

4.4. Senzori vlage supstrata 27

4.5. Senzor temperature i vlage zraka 28

4.6. PCB 28

4.7. Ožičenje 31

4.8. Sustav pumpi 31
4.9. Spremnici tekućina 32
4.10. Aplikacija 33
5. Nagrade 34
Zaključak 35
Literatura 36
Sažetak 37
Summary 38
Skraćenice 39
Privitak 40

Uvod

Na početku ovog rada govori se o nastanku ideje o promjeni obrazovnog sustava u Republici Hrvatskoj, procesu od ideje do gotovog proizvoda te implementaciji u školstvu.

Kako bi se automatizirao proces i omogućio urod kroz cijelu godinu počela se uvoditi tehnologija pri uzgoju biljaka. Primjerice, Nizozemska koja je jedna od najvećih izvoznika salate na svijetu. S obzirom na sve veće klimatske promjene i na napredak tehnologije, pogotovo LED tehnologije, sve češće čujemo pojam „pametni vrt“.

Rad općenito govori o vrstama uzgoja bilja, njihovim prednostima i manama, tehnologiji koja se koristi za brži, zdraviji i kvalitetniji rast bilja te detaljan opis rasvjete.

Opisani su prijedlozi primjena edukacijskog proizvoda u obrazovnom sustavu s obzirom na generacijske promjene naraštaja odnosno djece. Pokazani su primjeri nastave kako učitelji mogu organizirati školske sate kroz godinu te učiniti nastavu korisnom i zabavnom pomoću EduGarden-a.

Tim studenata osnovao je tvrtku Smart Garden Systems početkom 2023. godine te aplicirao na javne natječaje u osnovnim školama Republike Hrvatske. Izrada proizvoda te odabir senzora i komponenti uvjetovan je tehničkim specifikacijama javnog natječaja.

Proizvod, čiji je naziv EduGarden, višestruko je nagrađivan zlatnim medaljama na svjetskom sajmu inovacija u Ženevi.

1. Nastanak tvrtke Smart Garden Systems

Tvrtka SGS nastala je početkom 2023. godine iz razloga prijave na javne natječaje osnovnih škola i mogućnosti odlaska na sajmove.

Medijska pažnja, brojne nagrade i neprestani rad kroz period od dvije godine otvorili su mnoštvo prilika za širenje poslovanja tvrtke SGS.

Tim studenata prikupljao je znanja i iskustva kroz period od dvije godine kako bi mogli od osnutka tvrtke u kratkom roku zadovoljiti uvjete natječaja i napraviti gotov proizvod.

1.1. Studentski projekt

Autor ovog rada i suosnivač tvrtke tokom preddiplomskog studija kao kolegij projekt radio je fotonaponski sustav. Tokom rada na projektu pridružio se drugi suosnivač tvrtke, te je konstruirao postolje za cijeli sustav koje je potom isprintano pomoću 3D printera. Cjelokupan sustav dobio je ime „Mile“ i dokazao kako fotonaponski sustavi s praćenjem sunca daju barem 15% energije u odnosu na statične.

1.2. Edukacijski vrt „drvo“

Idući zajednički projekt bio je edukacijski pametni vrt. To je početak ideje o promjeni dosadašnjeg obrazovnog sustava na način da se u nastavu uvede proizvod koji će djecu učiti o pojedinim segmentima STEM zanimanja.

Proizvod zvan „drvo“ pruža djeci mogućnost konstruiranja vlastitih teglica za biljke i tiskanja istih na 3D printeru, lemljenja vlastite PCB pločice, programiranja dijelova koda, proučavanja rasta biljaka.

U tom periodu tim studenata počeo se natjecati po raznima startup natjecanjima te skupljati poznanstva i iskustva.

Ubrzo su promijenili stav zbog tromog sustava obrazovanja i manjka poslovnog iskustva stoga su proizvod koji je prikazan na Slika 1.1 i Slika 1.2 zamijenili proizvodom koji je prikazan na Slika 1.3.

Proizvod na Slika 1.2 zove se „Simply“ te je privukao prvu značajniju medijsku pažnju ovog tima.

Slika 1.1 Prototip "drvo"

Slika 1.2 Model "drvo"

Slika 1.3 Prototip "Simply"

1.3. Javni natječaji

Početkom 2023. godine u Republici Hrvatskoj nekoliko osnovnih škola raspisalo je javnu nabavu za edukacijske pametne vrtove.

Da bi zadovoljili uvjete javne nabave putem elektroničkog oglasnika javne nabave (EOJN) potrebno je imati tvrtku i zadovoljiti ostale uvjete natječaja koji su propisani dokumentom javne nabave.

Tehničke specifikacije javne nabave uvelike utječu na funkcionalnost i dizajn proizvoda, odnosno mjere propisane za dimenzije konstrukcije i veličine tegla ostavile su malo prostora za manevrirati s dizajnom.

No, unatoč tome zaštitni znak tvrtke je pravokutna konstrukcija s tri tegle iznad kojih se nalazi lampa što smo vidjeli na primjeru prototipa „Simply“. Tim je konstruirao i izradio proizvod nalik na prvi prototip samo većih dimenzija, onih koje odgovaraju tehničkim specifikacijama javne nabave.

2. Tehnologija za uzgoj biljaka

U svijetu sve prisutniji pojam tehnologije za uzgoj biljaka, riječ je o poboljšanju i simuliranju idealnih uvjeta za rast pojedine biljne vrste. S obzirom da svaka biljka ima drugačije potrebe, neke više vole rasti u sjeni dok druge direktno na suncu, neke imaju veće zahtjeve za vodom neke manje i takvih razlika ima mnogo za svaku biljnu vrstu. Odabir koja će se biljna vrsta uzgajati u idealnim uvjetima pomoću tehnologije ovisi o više čimbenika, a najbitniji je onaj ekonomski. Uzmimo za primjer Nizozemsku, drugi najveći izvoznik rajčice, paprike i zelene salate na svijetu, zašto su odabrane baš te biljne vrste za uzgoj u velikim plastenicima s puno tehnologije, na oko prvo vidljiva led rasvjeta.

Na Slika 2.1 vidimo primjer plastenika koji su prepuni rajčica, paprika, i zelene salate iznad kojih se nalaze svjetla različitih boja. Navedene biljne vrste odabrane su zato što se u takvim sustavima obično koristi hidroponski uzgoj biljaka dok ove bilje vrste imaju velike zahtjeve za vodom i suncem što znači ako im je medij rasta voda s prihranom i imaju uvijek dostupno maksimalno osvjetljenje da će te biljne vrste rasti višestruko brže i zdravije nego što bi to bilo u prirodi. Uz to treba navesti da godišnje doba ne utječe na uzgoj, samim time moguće je više puta u godini uzgojiti istu biljnu vrstu, dok u prirodi to nije moguće.

Slika 2.1 Primjer plastenika

Ideja je biljkama omogućiti optimalne uvjete za rast i razvoj. Postoje osnovni uvjeti koji moraju biti zadovoljeni da bi svaka biljka rasla, a to su: voda, kisik u području korijena, ugljikov dioksid, vjetar, svijetlo, odgovarajuća temperatura i vlaga zraka te nutrijenti.

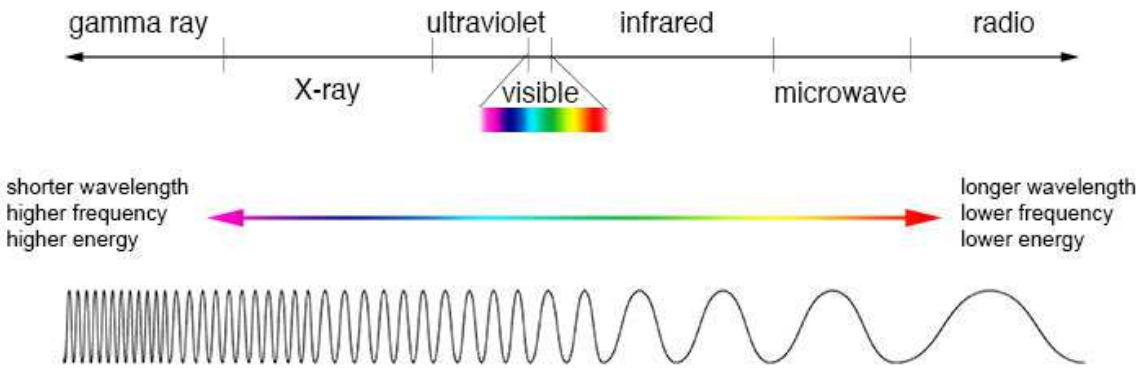
Kod uzgoja biljaka više ne znači i bolje, već treba napraviti mjerenja i istraživanja za svaku pojedinu biljnu vrstu te utvrditi koliko točno vode biljka zahtijeva u pojedinoj fazi rasta, koliko sati svijetla, koliki je optimalni raspon temperature, koncentracija plinova u zraku i koji su nutrijenti potrebni za tu biljnu vrstu u određenoj fazi rasta. Povećanjem jednog parametra ili smanjenjem, mijenjaju se potrebe za ostalim parametrima.

2.1. Svjetlost

Ljudsko oko je vrlo loš „senzor“ svjetlosti stoga su mjerenja vrlo bitna pogotovo kod uzgoja bilja jer ljudi i biljke nemaju iste potrebe za svjetlosti.

U ovom poglavlju govoriti će se nešto detaljnije o teoriji koja stoji iza odabira rasvjete, terminologiji i proračunima potrebnima za odabir rasvjete u agrokulturi.

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje s velikim rasponom valnih duljina, odnosno frekvencija. Dio tog spektra vidljiv je ljudskom oku, od 380 nm do 780 nm. Najmanja valja duljina odgovara ljubičastoj boji dok najveća crvenoj.

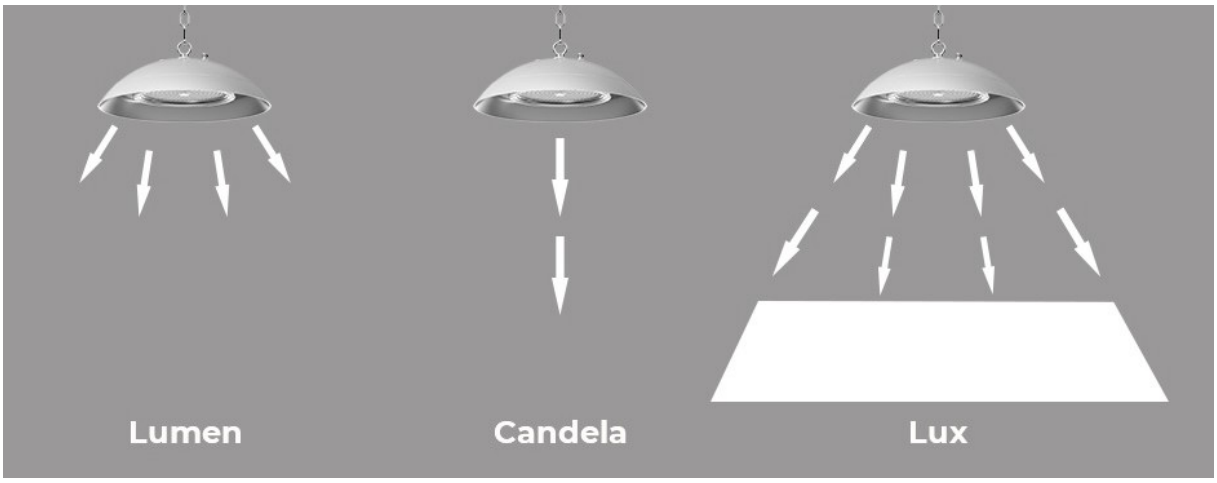


Slika 2.2 Spektar svjetlosti

Količina svjetlosti koju neki izvor emitira u svim smjerovima u jednoj sekundi zove se svjetlosni tok, mjerna jedinica je lumen (lm).

Lux (lx) je mjerna jedinica za osvjetljenje, odnosno količinu svjetlosti koja dopire na površinu od metra kvadratnog.

Candela (cd) je mjera za intenzitet svjetlosti u nekom određenom smjeru ili kutu. Kada bi neki svjetlosni izvor pretvorili u laser mogli bi reći da mjerimo intenzitet tog izvora svjetlosti u točno tom pravcu gdje pokazuje laser. Ove tri veličine slikovito su prikazane na Slika 2.3.

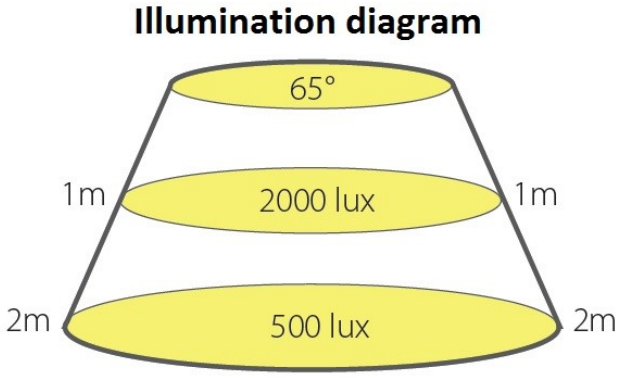


Slika 2.3 Slikovni prikaz lumen, candela, lux

Uzmimo za primjer 40 W električnu žarulju i 40 W fluorescentnu cijev, razlika u količini svjetlosti je 7-10 puta veća u korist fluorescentne cijevi. Svjetlosni tok žarulje je oko 300 lm dok je 2800 lm kod fluorescentne cijevi. Ovdje govorimo o efikasnosti koja je omjer svjetlosne snage i električne snage utrošene za pokretanje tog izvora svjetlosti.

Dakle za jednaki utrošak električne energije dobijemo više svjetla sa fluorescentnom cijevi nego sa žaruljom.

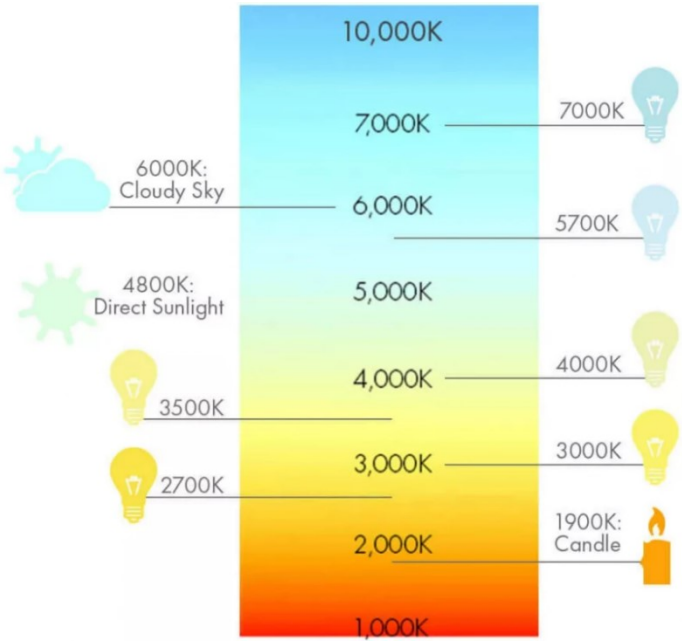
Kod projektiranja prostorija koje moraju biti osvjetljene prema nekim normama vrlo je bitno poznavati sve karakteristike rasvjete koja se koristi. Kako bi prostorija, primjerice učionica bila osvijetljena iznad svake klupe jednako te dodatno osvijetljena prema ploči gdje su pogledi većinu vremena usmjereni, bitno je uzeti u obzir kolika će količina svjetlosti doprijeti na te površine. Slika 2.4 prikazuje kako se osvjetljenje mijenja s obzirom na udaljenost od izvora svjetlosti, karakteristično raspršivanje odnosno koliki kut ta rasvjeta može osvijetliti, to najviše ovisi o tehnologiji i mehaničkoj izvedbi samog svjetlosnog tijela. Kako bi se približavali izvoru svjetlosti tako bi se osvjetljenje povećavalo te bi se osvjetljena površina smanjivala, dok svjetlosni tok ostaje isti.



Slika 2.4 Odnos lux i lumen

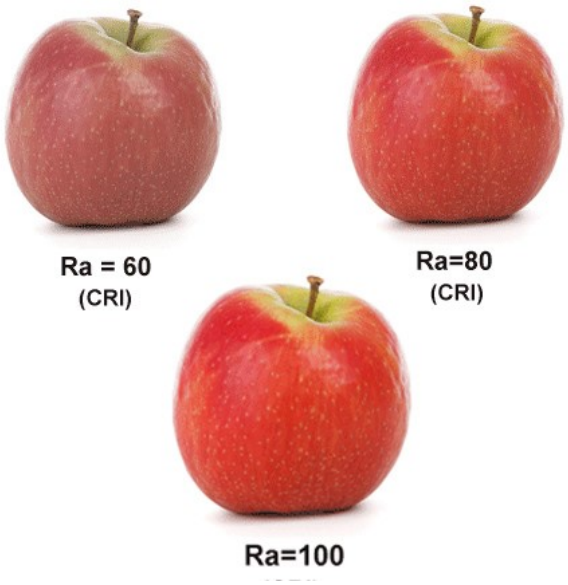
Kada govorimo o svjetlu punog spektra onda se misli na bijelu svjetlost koja sadrži sve valne duljine iz vidljivog spektra, postoje varijante gdje toplog i hladnog bijelog svjetla. Razlika je upravo u udjelu pojedine valne duljine. Bijela svjetlo s većim udjelom crvene boje odnosno valne duljine 610-720 nm odgovara upravo toplom bijelom svjetlu. Bijelo svjetlo s većim udjelom plave naziva se hladno bijelo svjetlo većinom se koristi za neke radne prostore i industrijske hale dok se toplo svjetlo koristi za prostorije poput dnevnog boravka ili spavaće sobe. Zlatna sredina je dnevno svjetlo sa podjednakim udjelom plave i crvene te njena temperatura iznosi 4000 K. Slika 2.5 prikazuje odnose temperatura i boje svjetla koje ljudsko oko vidi.

Temperatura i valna duljina povezane su direktno Wien-ovom konstantom koja je umnožak odgovarajuće temperature i valne duljine za određenu boju.



Slika 2.5 Boje svjetla

Jedan od bitnih parametara kod odabira rasvjete je indeks prikazivanja boja odnosno CRI, na skali od 0 do 100 govori koliko su vjerno prikazane boje, vrijednost 100 odgovara jakom dnevnom svjetlu. CRI indeks utječe na to kako vidimo stvari oko sebe, npr. voće i povrće neće imati istu boju pod svjetlom s nižim CRI samim time na ljudsku psihu utječe. Na Slika 2.6 vidi se primjer na jabuci kako CRI indeks jako ovisi o tome izgleda li jabuka atraktivno ili ne.

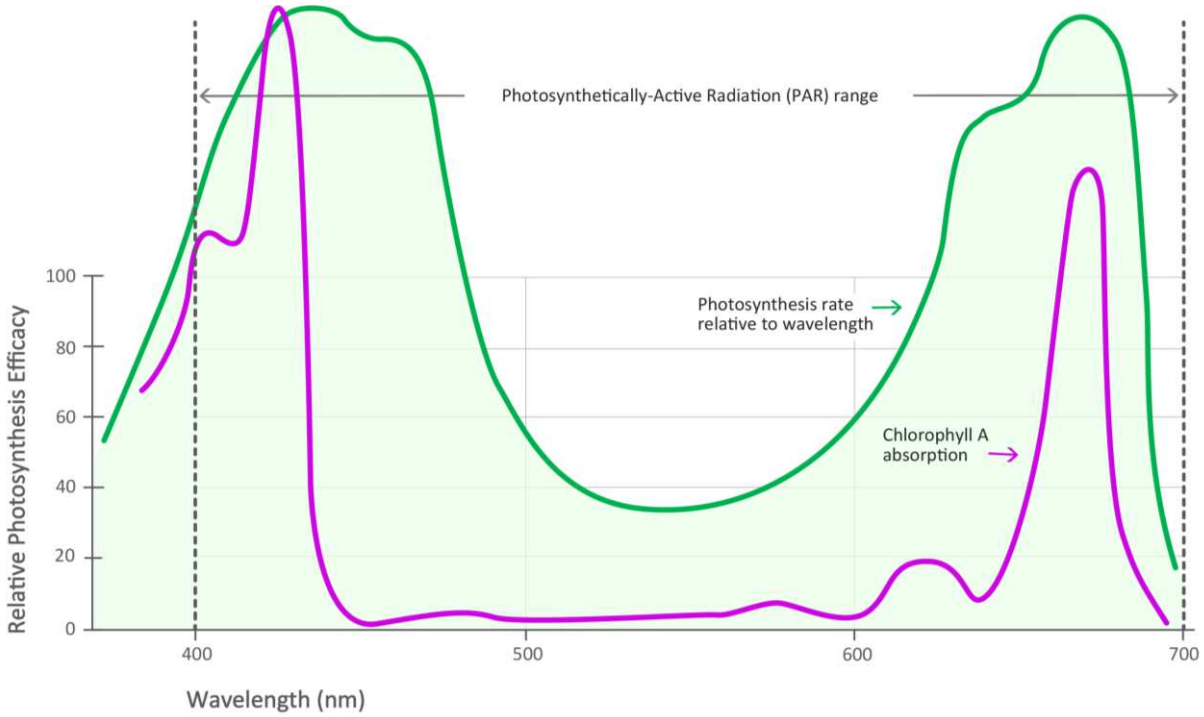


Slika 2.6 Primjer CRI indeksa

2.1.1. Svjetlo za biljke

Ovo poglavlje fokusira se na tehnički opis rasvjete, a manje na opis sa stajališta agronoma. Spektar koji dolazi od Sunca uglavnom se sastoji od ultraljubičastog, vidljivog i infracrvenog svjetla. Ultraljubičasto u rasponu je od 200 nm do 380 nm i podijeljeno je u tri skupine. Ultraljubičasto C zračenje raspona valnih duljina od 200-280 nm štetno je za biljke i sto vrijedi i za ultraljubičasto B zračenje u rasponu od 280-315 nm, dok ultraljubičasto A zračenje u rasponu valnih duljina od 315-380 nm je pogodno za biljke jer se nalazi na rubu spektra koji je najpogodniji za vegetativni rast i fotosintezu. Dakle, dio spektra od 400 nm do 520 nm poznat je po tome da se baš u njemu događa vrhunac apsorpcije klorofila. Nadalje, spektar od 520-610 nm koji sadrži zelenu, žutu i narančastu boju jako slabo utječe na apsorpciju klorofila odnosno fotosintezu i rast biljke. Spektar od 610-720 nm je iznimno bitan spektar jer potiče vegetativni rast, fotosintezu, cvatnju i pupanje biljaka, to je spektar koji sadrži crvenu boji. Svaka valna duljina veća od 720 nm pa do 1000 nm klasificira se kao daleka crvena boja te, se rade nova istraživanja kako utječe na rast i razvoj bilja. Zasada je poznato kako pozitivno utječu na cvatnju i pupanje, ali je apsorpcija vrlo mala, za potrebe proizvoda s poslovne strane tvrtka se zadovoljila s dosad istraženom i poznatom tehnologijom valnih duljina vidljivog spektra.

Slika prikazuje odnos apsorpcije klorofila i proces fotosinteze u odnosu na valnu duljinu.

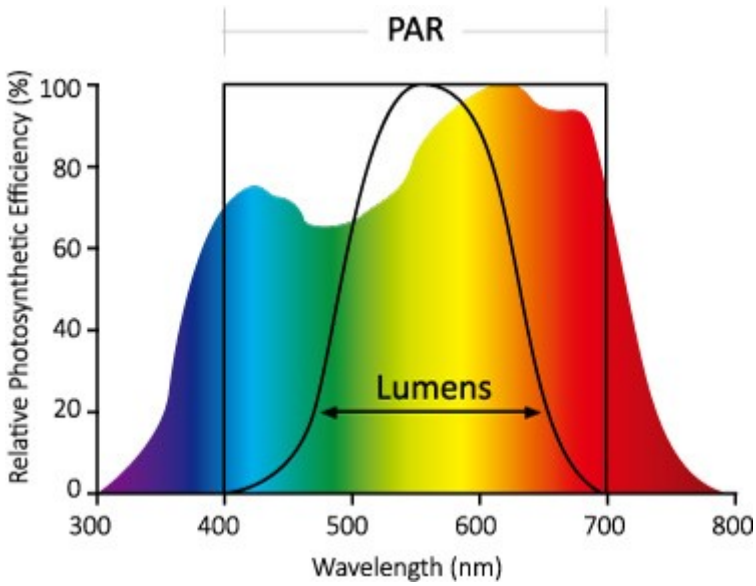


Slika 2.7 Apsorpcija klorofila i fotosinteza

Kako bi biljka pod umjetnom rasvjetom mogla rasti, svjetlo mora imati određenu kvalitetu, količinu i trajanje. Vrlo je teško u potpunosti zamijeniti sunčevo zračenje da bude isplativo, za to bi nam trebalo više različitih lampi, te puno energije. Stoga se fokusira na plavu i crvenu svjetlost jer biljke najjače reagiraju na njih u procesu fotosinteze. Prednost je što pod umjetnom rasvjetom biljka konstantno ima istu količinu i kvalitetu svjetla, dok u prirodi zbog vremenskih uvjeta to nije moguće. Isto tako, duljinom fotoperioda odnosno trajanja svjetla utječemo na vrijeme cvatnje. Ako se trajanje svjetla promijeni da bude tako gdje je upaljeno 12 sati i ugašeno 12 sati onda biljka započinje sa stvaranjem pupoljaka i cvjetova, ako je dan dulji od 12 sati onda biljka je biljka u fazi rasta.

2.1.2. PAR

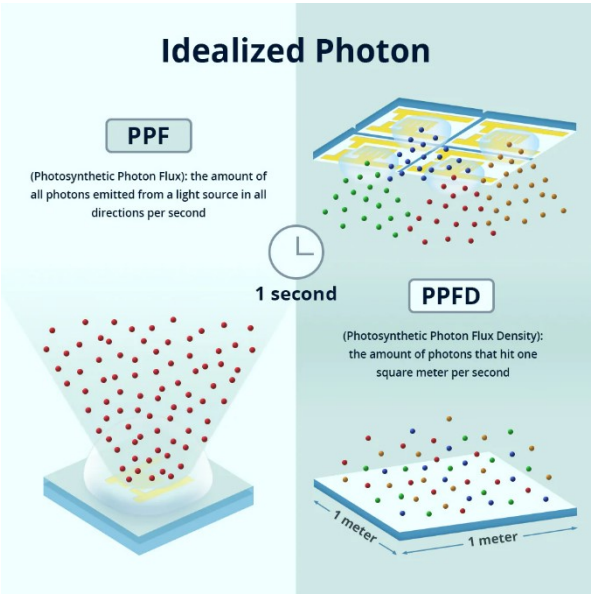
PAR (engl. Photosynthetic active radiation) je oznaka za fotosintetsko aktivno zračenje tj. onaj dio spektra koji je biljkama potreban za proces fotosinteze. Iz Slika 2.8 se vidi odnos između PAR-a i Lumen-a tj. dio spektra koji vide biljke i koji vide ljudi. Dio ultraljubičastog i dalekog crvenog svjetla je isto uključen u proces fotosinteze što se vidi iz slike no dogovorno je PAR u rasponu od 400 nm do 700 nm.



Slika 2.8 PAR

2.1.3. PPF

Što je količina svjetlosti za ljudsko oko to je PPF (eng. Photosynthetic photon flux) za biljke. Dakle, ukupna količina svjetlosti koju neko svjetlosno tijelo emitira u jednoj sekundi u rasponu od 400 do 700 nm. Ovim faktorom možemo se poslužiti za proračun efikasnosti rasvjetnog tijela, odnosno uz poznati PPF koji se mjeri specijaliziranim mjernim instrumentima i poznatu električnu snagu koja je potrebna lampi da bi proizvela toliko fotona, omjerom te dvije veličine dobije se efikasnost lampe. Taj omjer sam za sebe nije dovoljan bez kvalitetnog proračuna pozicioniranja lampe ili lampi ako se radi o većem uzgoju. Slika 2.9 prikazuje odnos faktora PPF i PPFD.



Slika 2.9 PPF i PPFD

2.1.4. PPFD

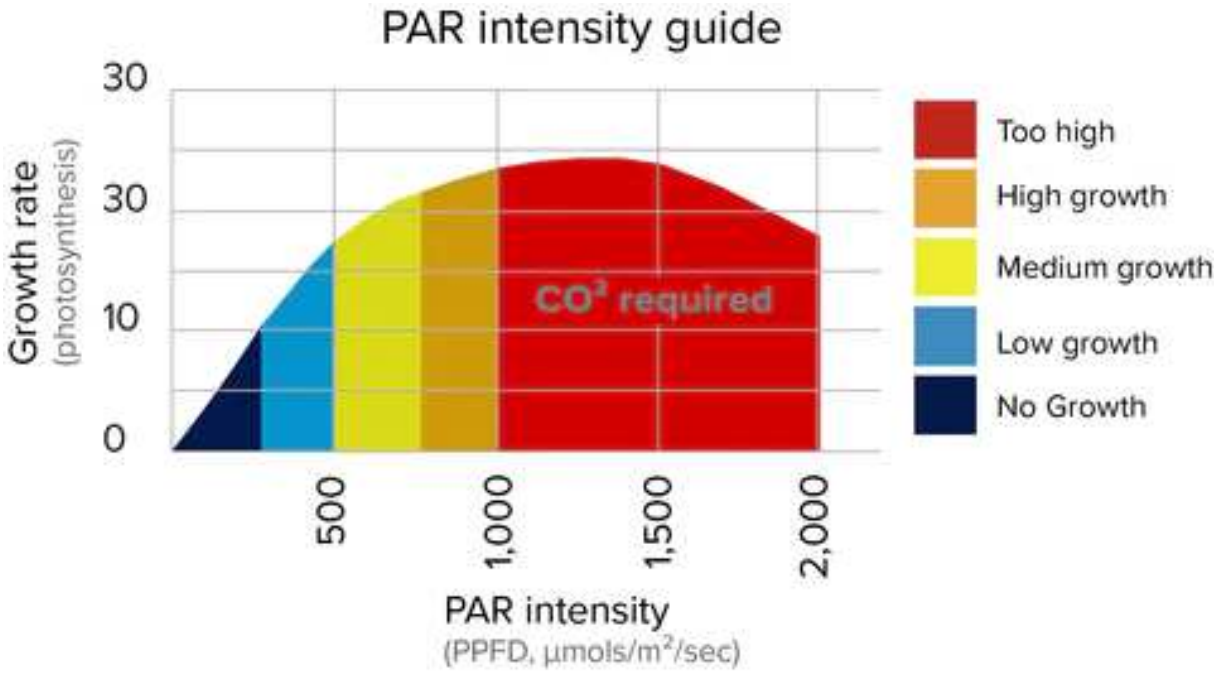
Kod odabira rasvjete za uzgoj bilja bitan faktor je PPFD (eng. Photosynthetic photon flux density) koji govori koliko fotona koji uzrokuju fotosintezu dopire do površine od metra kvadratnog. Naravno, ovaj faktor ovisi o tome koliko je PPF rasvjetnog tijela koje se koristi, kutu širenja svjetlosnog snopa i udaljenosti od površine.

Kako bi se uštedilo na energiji, u novije vrijeme koristi se LED tehnologija, iz razloga što se pojedine led diode mogu proizvesti tak oda emitiraju točno određeni spektar, te na konačna lampa može biti maksimalno prilagođena i time štedimo utrošenu na stvaranje svjetlosnog snopa tako da ne stvaramo svjetlost nepotrebnih valnih duljina, uz to bitan faktor je zagrijavanje, kod LED tehnologije toplinski gubici su puno niži nego kod fluorescentnih, HPS itd. Slika prikazuje odnos udaljenosti lampe od biljke i promjenu PPFD faktora.

Slika 2.10 PPFD i udaljenost

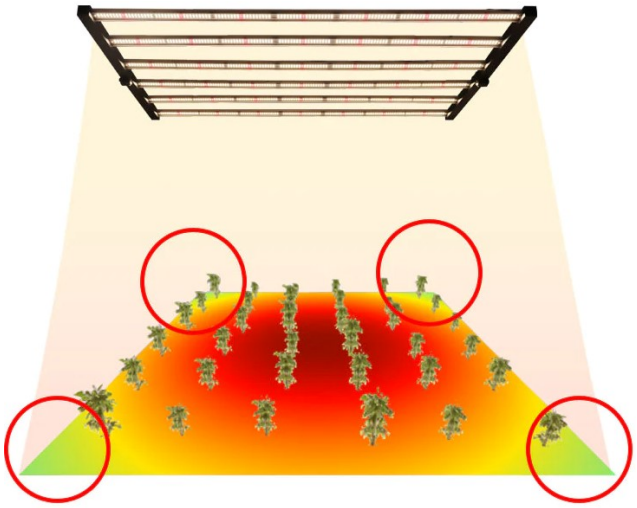
Kada su poznate karakteristike lampe i vrijednosti faktora PPFD na određenim udaljenostima od površine lampe onda bi se trebalo upoznati sa zahtjevima biljne vrste koja se planira uzgajati pod umjetnom rasvjetom. Naime, nema svaka biljka iste potrebe za svjetlošću niti ostalim parametrima bitnim za uzgoj. Na slici je prikazan primjer kako izgleda omjer rasta i PPFD faktora. Konkretno, krivulja se može linearizirati do neke vrijednosti, zatim dolazi do zasićenja

gdje biljka više ne može vršiti toliko fotosinteze bez da se ostali parametri poput ugljikovog dioksida, prihrane, vode i kisika povećaju u suprotnom može biti štetno za biljku.

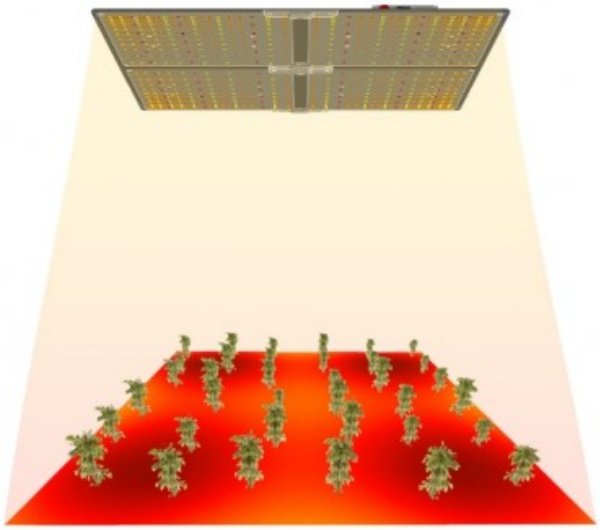


Slika 2.11 PPFD i rast

Kako na tržištu postoji više proizvođača tako postoji i više različitih lampi. Bitna razlika je uniformnost svjetla, tj. raspoređenost fotona koji dopiru na površinu od metra kvadratnog. Primjerice, ako se lampa koristi u zatvorenom prostoru sa reflektirajućim stranicama onda sva svjetlost koja ne dopire direktno do površine od metra kvadratnog biva reflektirana od stranica te se na taj način može dobiti uniformna rasvjeta. Druga varijanta je uzgoj bez reflektirajućih stranica gdje pod jednom lampom stoji više biljaka iste vrste i istih potreba za svjetlom, kako bi se izbjegla nepravilnost u rastu pokušava se koristiti što uniformnija rasvjeta, naravno da to ima i svoju cijenu. Slika 2.12 prikazuje rasvjetu koja nije uniformna gdje biljke u kutovima dobivaju puno manje svjetla u odnosu na one oko sjecišta dijagonala kvadrata, uz reflektirajuće zidove taj problem se može riješiti ako je proizvođač to uzeo u obzir i tako proračunao i proizveo svoj proizvod, najčešće cijena diktira je li to napravljeno ili ne. Dok Slika 2.13 prikazuje uniformnu rasvjetu, gdje svaka biljka dobiva približno jednako svjetla.



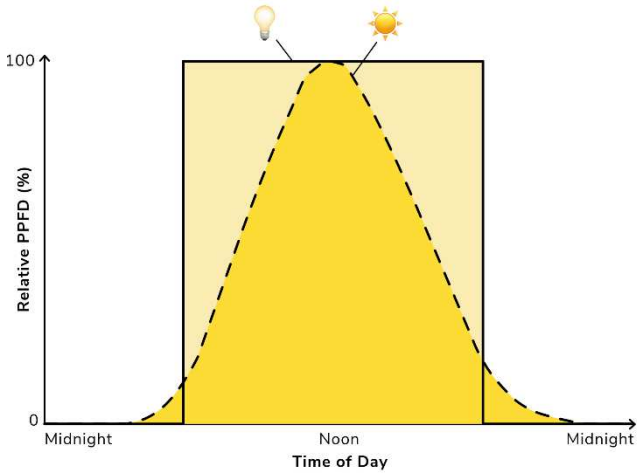
Slika 2.12 Ne uniformna rasvjeta



Slika 2.13 Uniformna rasvjeta

2.1.5. DLI

DLI (eng. Day light integral) odnosno umnožak faktora PPFD i vremena za koje rasvjetno tijelo djeluje. U prirodi PPFD kroz dan nije konstantan broj već krivulja nalik Gaussovoj krivulji, stoga integral je površina ispod grafa prikazanog na slici. Ideja umjetne rasvjete nije samo svaki dan dobiti konstantno istu vrijednost integrala već povećati taj integral na način da to nije krivulja nalik Gaussovoj već pravokutnik kao na Slika 2.14.



Slika 2.14 DLI graf

Ovisno o fazi uzgoja i biljnoj vrsti no uzmimo za primjer vegetacijski ciklus od 16 sati pod svjetlom i 8 sati u mraku. U tablici je prikazano kako se faktor DLI mijenja u odnosu na broj radnih sati i PPFD faktor. Način na koji se koristi tablica je taj da se prvo odredi broj sati, u ovom slučaju je to 16, zatim za pojedinu biljnu vrstu poznate su vrijednosti DLI faktora koje zadovoljavaju kvalitetne uvjete za rast, konkretno gledajući u tablici idealan DLI faktor za normalne uvjete prihranjivanja bio bi između 35 i 40. Prema tome pogleda se vrijednost PPFD faktora i iz prijašnjih poglavlja vidljivo je kako je PPFD faktor uvjetovan udaljenosti, pa se podesi visina lampe za željene vrijednosti. Drugi slučaj je slučaj cvjetanja, to je kada svjetlo radi 12 sati i ugašeno je 12 sati, opet prema tablici idealan DLI je između 35 i 40, uzima se 12 satni period, njegova vrijednost PPFD je oko 900. Ovisno o proizvođaču podešava se visina lampe odnosno udaljenost od biljke.

Tablica 1 PPFD-DLI odnos

PPFD	1	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Hours	DLI																			
1	0,0036	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6
2	0,0072	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,3	4,7	5,0	5,4	5,8	6,1	6,5	6,8	7,2
3	0,0108	1,1	1,6	2,2	2,7	3,2	3,8	4,3	4,9	5,4	5,9	6,5	7,0	7,6	8,1	8,6	9,2	9,7	10,3	10,8
4	0,0144	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,0	5,8	6,5	7,2	7,9	8,6	9,4	10,1	10,8	11,5	12,2	13,0	13,7	14,4
5	0,0180	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,1	18,0
6	0,0216	2,2	3,2	4,3	5,4	6,5	7,6	8,6	9,7	10,8	11,9	13,0	14,0	15,1	16,2	17,3	18,4	19,4	20,5	21,6
7	0,0252	2,5	3,8	5,0	6,3	7,6	8,8	10,1	11,3	12,6	13,9	15,1	16,4	17,6	18,9	20,2	21,4	22,7	23,9	25,2
8	0,0288	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4	15,8	17,3	18,7	20,2	21,6	23,0	24,5	25,9	27,4	28,8
9	0,0324	3,2	4,9	6,5	8,1	9,7	11,3	13,0	14,6	16,2	17,8	19,4	21,1	22,7	24,3	25,9	27,5	29,2	30,8	32,4
10	0,0360	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2	18,0	19,8	21,6	23,4	25,2	27,0	28,8	30,6	32,4	34,2	36,0
11	0,0396	4,0	5,9	7,9	9,9	11,9	13,9	15,8	17,8	19,8	21,8	23,8	25,7	27,7	29,7	31,7	33,7	35,6	37,6	39,6
12	0,0432	4,3	6,5	8,6	10,8	13,0	15,1	17,3	19,4	21,6	23,8	25,9	28,1	30,2	32,4	34,6	36,7	38,9	41,0	43,2
13	0,0468	4,7	7,0	9,4	11,7	14,0	16,4	18,7	21,1	23,4	25,7	28,1	30,4	32,8	35,1	37,4	39,8	42,1	44,5	46,8
14	0,0504	5,0	7,6	10,1	12,6	15,1	17,6	20,2	22,7	25,2	27,7	30,2	32,8	35,3	37,8	40,3	42,8	45,4	47,9	50,4
15	0,0540	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2	18,9	21,6	24,3	27,0	29,7	32,4	35,1	37,8	40,5	43,2	45,9	48,6	51,3	54,0
16	0,0576	5,8	8,6	11,5	14,4	17,3	20,2	23,0	25,9	28,8	31,7	34,6	37,4	40,3	43,2	46,1	49,0	51,8	54,7	57,6
17	0,0612	6,1	9,2	12,2	15,3	18,4	21,4	24,5	27,5	30,6	33,7	36,7	39,8	42,8	45,9	49,0	52,0	55,1	58,1	61,2
18	0,0648	6,5	9,7	13,0	16,2	19,4	22,7	25,9	29,2	32,4	35,6	38,9	42,1	45,4	48,6	51,8	55,1	58,3	61,6	64,8
19	0,0684	6,8	10,3	13,7	17,1	20,5	23,9	27,4	30,8	34,2	37,6	41,0	44,5	47,9	51,3	54,7	58,1	61,6	65,0	68,4
20	0,0720	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6	25,2	28,8	32,4	36,0	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6	61,2	64,8	68,4	72,0
21	0,0756	7,6	11,3	15,1	18,9	22,7	26,5	30,2	34,0	37,8	41,6	45,4	49,1	52,9	56,7	60,5	64,3	68,0	71,8	75,6
22	0,0792	7,9	11,9	15,8	19,8	23,8	27,7	31,7	35,6	39,6	43,6	47,5	51,5	55,4	59,4	63,4	67,3	71,3	75,2	79,2
23	0,0828	8,3	12,4	16,6	20,7	24,8	29,0	33,1	37,3	41,4	45,5	49,7	53,8	58,0	62,1	66,2	70,4	74,5	78,7	82,8
24	0,0864	8,6	13,0	17,3	21,6	25,9	30,2	34,6	38,9	43,2	47,5	51,8	56,2	[illegible]	64,8	[illegible]	73,4	77,7	82,1	86,4
		0-5		5-10		10-15		15-20		20-25		30-35		35-40		40->				

2.2. Vrste supstrata

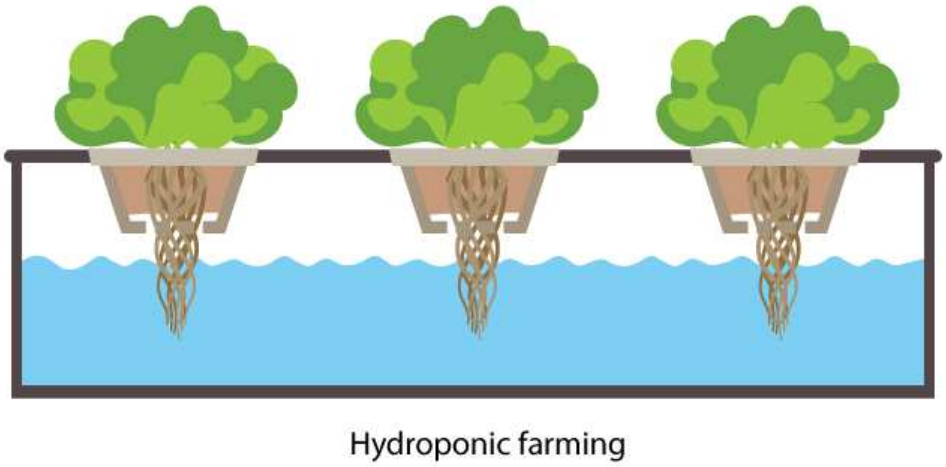
Supstrat je mješavina tla, humusa, treseta i pijeska, omjeri ovise o primjeni. Glavna funkcija supstrata je da omogući biljkama hranjiva i vodu. Pojedine biljne vrste trebaju određenu vrstu supstrata. Svaki proizvođač dužan je na pakiranju deklarirati sastav supstrata te da je prošao kontrolu. Ovisno o vrsti uzgoja koriste se različiti supstrati.

2.2.1. Hidroponski uzgoj

Kod ove vrste uzgoja, medij nije klasični supstrat, već je to voda. Postoji više vrsta hidroponskog uzgoja, no za potrebe ovog rada biti će objašnjen bazični hidroponski sustav na kojemu se dalje temelje ostale varijante. Ideja hidroponskog uzgoja je da biljka pušta korijen u vodu, dok se sjemenka prvotno nalazi u nekom mediju koji joj služi za stabilnost, npr. šljunak, vuna, kokosova vlakna ili slični lagani prozračni materijal. Za primjer uzima se proizvod „Simply“ koji koristi hidroponiju za uzgoj začinskog bilja. Princip rada je takav da teglica sa klasičnim supstratom stoji iznad spremnika vodom, supstrat dobiva određenu količinu vode putem špagice koje je uronjena u vodu. Sjeme nakon što proklije ubrzo pušta korijen skroz do spremnika s vodom i rasprostranjuje se po teglici gdje dobiva nutrijente i kisik, a u spremniku dobiva vodu s dodanim nutrijentima. Rezultat ovakvog uzgoja je 2-3 puta brži i kvalitetniji rast uz dodanu rasvjetu koja dodatno pomaže pri rastu bilja.

Princip je jednostavan s velikom prednošću brzog uzgoja, no nedostatak je što mala greška prilikom dodavanja prihrane može napraviti veliku štetu biljci.

Na Slika 2.15 prikazan je princip rada hidroponskog uzgoja u proizvodu „Simply“.

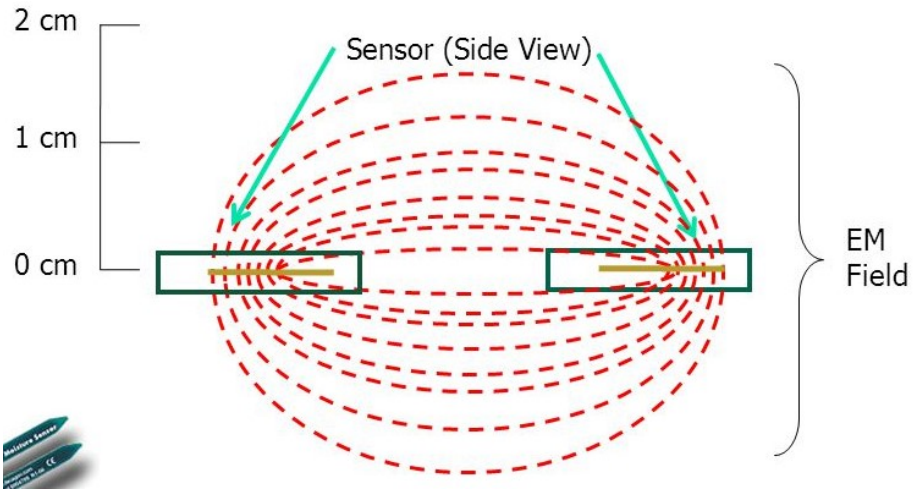


Slika 2.15 Hidroponija

2.3. Senzori

Kako bi se osigurali idealni uvjeti za rast bilja potrebno je te uvjete simulirati, te mjerenjem i održavati. Idealni uvjeti uvelike ovise o biljnoj vrsti, no pojedini dijelovi su vrlo slični, redovito zalijevanje, dovoljno svjetla, kvalitetan supstrat, temperatura i vlaga zraka. Kvaliteta supstrata teško se može mjeriti jednostavnim senzorima već se rade detaljna kemijska ispitivanja. Pod redovitim zalijevanjem misli se na dovoljnu količinu vode u odgovarajućem vremenskom periodu. Kako bi se postiglo redovito odgovarajuće navodnjavanje potrebno je poznavati biljnu vrstu i njene potrebe za vodom, obično se iskazuje u učestalosti zalijevanja i postotku vlage tla u kojemu raste. Senzorom vlage tla mjeri se kapacitet između dvije međusobno izolirane elektrode. Kako se promjenom količine vode u tlu mijenja kapacitet između dvije elektrode tako dobivamo informacija sa senzora. Kalibracijom senzora u vodi dobiva se vrijednost kapaciteta za 100%-tnu vlagu tla, dok za vrijednost potpuno suhog senzora dobiva se 0%-tna vrijednost vlage tla. Slika 2.16 prikazuje primjer senzora vlage tla na kojoj je vidljivo između koje dvije elektrode se mjeri kapacitet. Dok Slika 2.17 prikazuje princip rada senzora vlage tla.

Slika 2.16 Senzor vlage tla



Slika 2.17 Princip rada senzora vlage tla

U ranijim poglavljima ovog rada objašnjeno je što znači kvalitetno svjetlo za pojedinu biljnu vrstu. S obzirom da su mjerni uređaji vrlo skupi i ne spadaju u kategoriju senzora ovaj parametar se ugađa na osnovu poznavanja karakteristika lampe i biljne vrste.

Temperatura i vlaga zraka od izrazite su važnosti jer ako je prehladno sjemenka neće ni proklijati, ukoliko je vlaga zraka premala, a biljka se teško prilagođava uvjetima na koje nije naviknula onda može doći do stresiranja biljke i do sušenja listova.

Senzori za mjerenje temperature i vlage zraka kod uzgoja biljaka ne moraju biti od izrazite preciznosti, bitno je da bude zadovoljen temperaturni raspon, te raspon vlage zraka za pojedinu biljnu vrstu. Za primjer, svaka biljka će rasti na sobnoj temperaturi od 22°C i relativne vlažnosti zraka koja je ugodna čovjeku za boravljenje u prostoriji, no to nisu idealni uvjeti za svaku biljku. Stoga se ti uvjeti prilagođavaju s obzirom na biljnu vrstu i objekt u kojemu se biljke uzgajaju, koriste se sustavi grijanja odnosno hlađenja, sustavi ovlaživanja zraka odnosno odvlaživanja.

Primjer senzora temperature i vlage zraka prikazan je na Slika 2.18. Na osnovi očitanja sa senzora sustav upravlja okruženjem, te po potrebi uključuje grijače ili ovlaživač zraka.

Slika 2.18 Senzor temperature i vlage zraka

Ovo su osnovni senzori za postizanje idealnih uvjeta, postoje i senzori koji mjere udio plinova u zraku, kisika i ugljikovog dioksida koji su od velike važnosti, na osnovu tih podataka može se regulirati količina tih plinova u zraku što isto dodatno utječe na fotosintezu, te rasti i razvoj bilja.

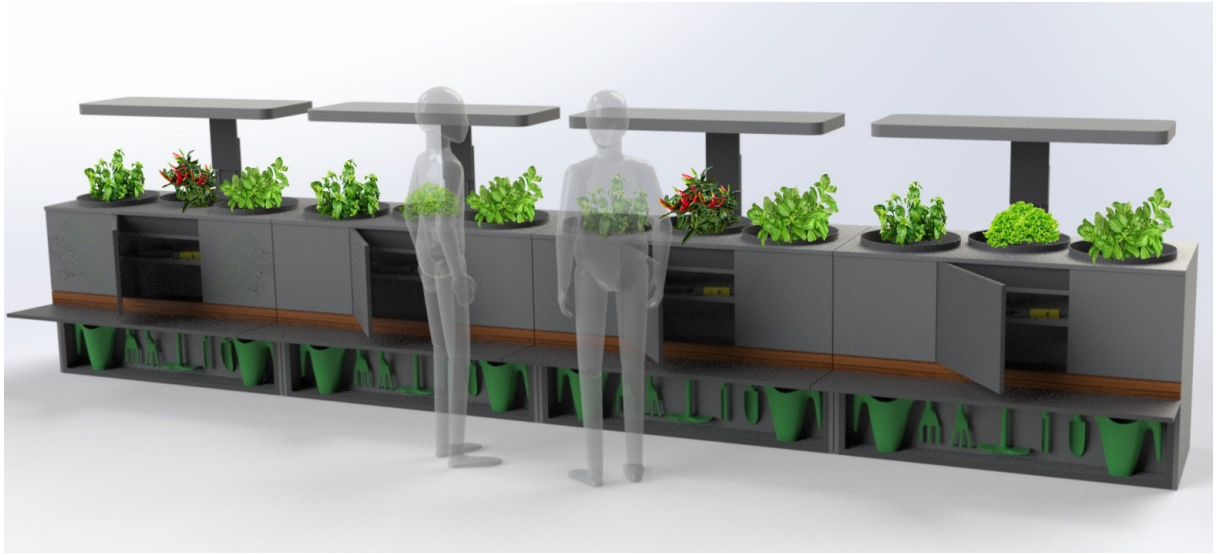
3. Edukacija djece

Mala djeca vrlo su znatiželjna i vole istraživati okolinu u kojoj se nalaze, stoga je rano djetinjstvo pravo vrijeme za promicanje raznih vještina, jedna od njih je STEM područje. Riječ je o području koje uključuje znanost, tehnologiju inženjerstvo i matematiku. Smatra se kako navedene discipline imaju značajnu ulogu u postavljanju temelja za daljnje obrazovanje. STEM navike razvijaju se u školi, ali roditelji mogu djecu potaknuti i inspirirati u razvijanju STEM vještina izvan škole u obliku igre.

STEM edukacija je trend koji je u porastu zadnjih godina, te na njemu treba raditi, usavršavati ga i dalje promicati po Hrvatskoj kako bi se obrazovni sustav podigao na višu razinu.

3.1. EduGarden u školstvu

EduGarden je uređaj koji uči djecu kako uzgajati biljke uz pomoć tehnologije. Putem mobilne aplikacije djeca prate očitanja senzora, kontroliraju navodnjavanje i prihranu, podešavaju parametre lampe, koriste ugrađenu kameru u vrt kako bi mogli pratiti što se događa s biljkama u bilo kojem trenutku. Slika 3.1 prikazuje četiri uređaja u jednoj učionici, cijeli koncept zamišljen je tako da se koriste četiri uređaja u kompletu kako bi se pokusi provodili na 12 biljaka.



Slika 3.1 Vrtovi u učionici

Princip educiranja je takav da djeca uče uz pomoć pametnih vrtova i mobilne aplikacije uzgojit biljke. Široki asortiman raznovrsnog bilja i različitih pokusa pomno osmišljenih po uzrastu

djece omogućava učenje na zabavan način gdje djeca mogu svojim radom, trudom i zalaganjem doći do rezultata, štoviše mogu pogriješiti i naučiti na vlastitoj grešci.

Jedno od rješenja edukacija je da se posadi 12 istih paprika, četiri uređaja svaki po tri tegle, zatim se svaka paprika tretira drugačije, prve tri imaju svjetlo na 50 % intenziteta, ali se svaka zalijeva drugačije, druge tri tegle svjetlo na 80 % , zalijevanje isto svugdje isto ali prihrana drugačija i takvih kombinacija može biti puno, krajnji rezultat je praćenje rasta i razvoja biljaka te usporedba količine ploda pojedine biljke. Svaka edukacija traje otprilike 3-4 mjeseca što znači da tokom školske godine nastavnici mogu provesti barem dvije različite edukacije gdje će svaki tjedan voditi bilješke koje su se promjene dogodile itd.

4. EduGarden

EduGarden je edukacijski pametni vrt namijenjen obrazovnim ustanovama za učenje uzgoja biljaka uz tehnologiju. Kompletan sustav sastoji se od četiri modula, odnosno četiri pametna vrta, edukacija i mobilne aplikacije.

Dimenzije pametnog vrta su 130 x 120 x 60 cm, uz to lampa podesiva po visini pa dimenzija visine nije fiksna. Pametni vrt sadrži tri tegle zapremine 40 litara i spremnik za vodu od 60 litara uz dva spremnika za tekuću prihranu svaki kapaciteta 3,25 litara.

Uzgoj biljaka u potpunosti je autonoman, odnosno softver razvijen specijalno za ovaj proizvod upravlja svim potrebnim parametrima za idealan uzgoj bilja. EduGarden prikazan je na Slika 4.1.

Slika 4.1 EduGarden

4.1. Konstrukcija

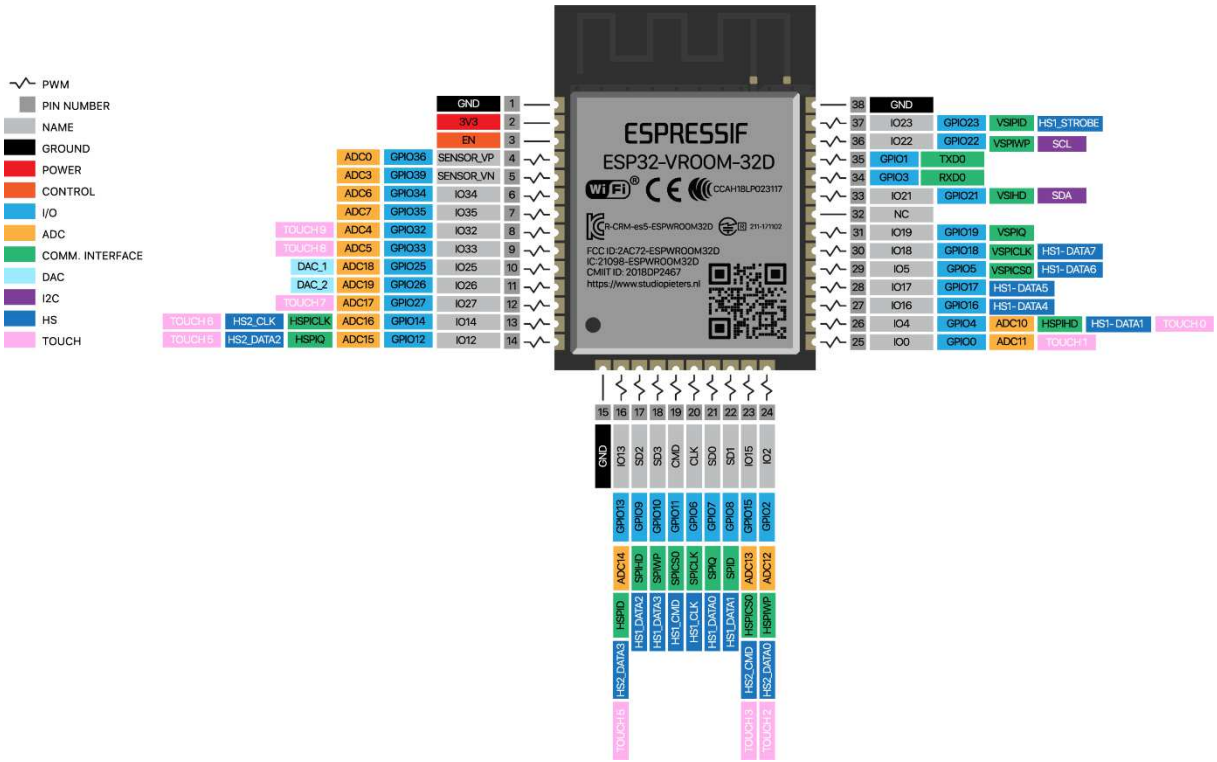
Metalna konstrukcija EduGardena u prvotnoj verziji izrađena je od željeza koje je potom vareno. Greške prilikom varenja su male, ali na metalnu konstrukciju stavljaju se drvene obloge koje čine vanjštinu proizvoda zbog estetike, te svaka greška čak i manja od milimetra prilikom varenja utječe na razmake između obloga što može jako narušiti estetiku.

Slika 4.2 prikazuje konstrukciju izrađenu za potrebe prototipa, iduća verzija biti će manja i sklopiva kako bi se sve puno lakše spakiralo u kutiju i transportiralo.

Slika 4.2 Metalna konstrukcija

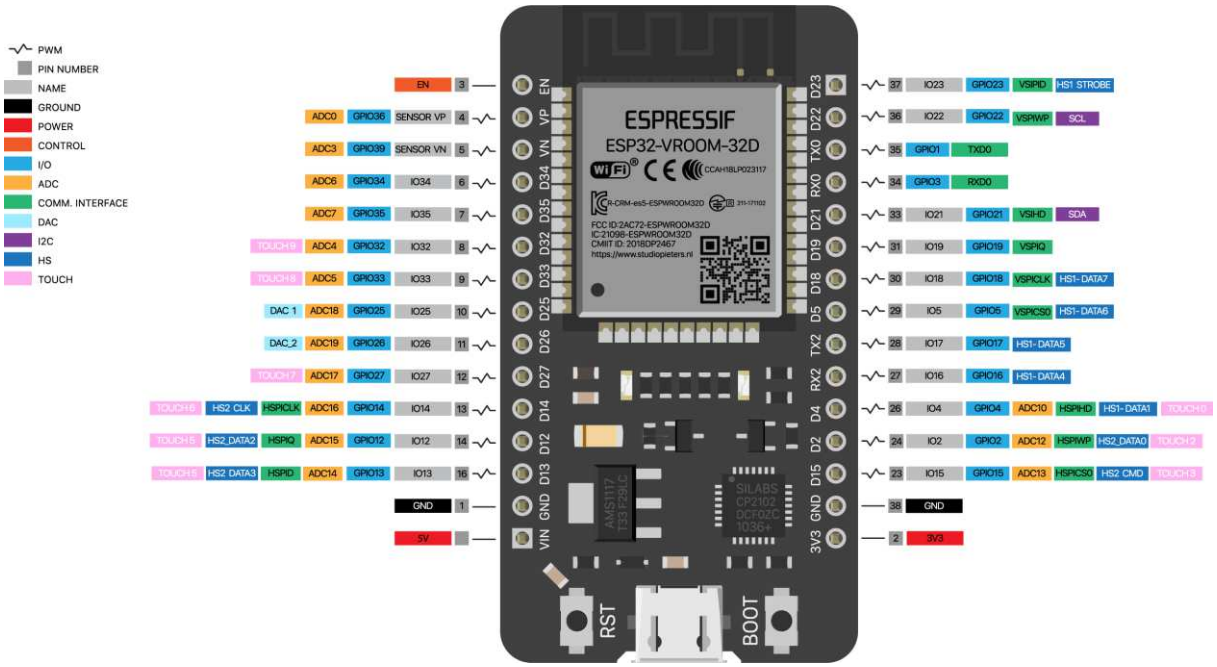
4.2. ESP32

Sustav pametnog vrta baziran je na mikrokontroleru ESP32 tvrtke Espressif Systems. Mogućnost spajanja na WiFi i korištenja velikog broja ulazno-izlaznih pinova, te relativno niska cijena presudili su u odabiru tehnologije. ESP32 ima mnoštvo pinova, koji mogu imati razne funkcije kao što su: analogno digitalni pretvornici, SPI, UART, I2C komunikacija, PWM, digitalno analogni pretvornici, I2S sučelje, ulazi za kapacitivne senzore. Većina pinova svoju funkciju može mijenjati tako što se u kodu označi koja je namjena tog pina. Slika 4.3 prikazuje čip ESP32 koji ima 48 pinova, no bez kvalitetnog poznavanja i proučavanja literature ne mogu svi pinovi koristiti tako jednostavno.



Slika 4.3 ESP32

Postoje razne izvedbe razvojnih pločica koje sadrže čip ESP32. Razvojna pločica punog naziva „ESP-WROOM-32 30 PIN“ koristi se u pametnom vrtu. Bilo je potrebno proučiti literaturu kako bi se znalo koji pinovi se koriste za pojedine senzore kao što su senzor vlage susptrata, senzor za temperaturu u vlagu zraka, senzor razine tekućine., a koji pinovi za aktuatore, kao što su pumpe za vodu, pumpe za prihranu, motor za podizanje lampe, relej za paljenje i gašenje lampe. Slika 4.4 pikazuje razvojnu pločicu korištenu u EduGardenu. Razvojna pločica bez PCB pločice ne znači puno jer postoji popratna elektronika koja upravlja relejima, analogno digitalnim pretvornicima i sl.



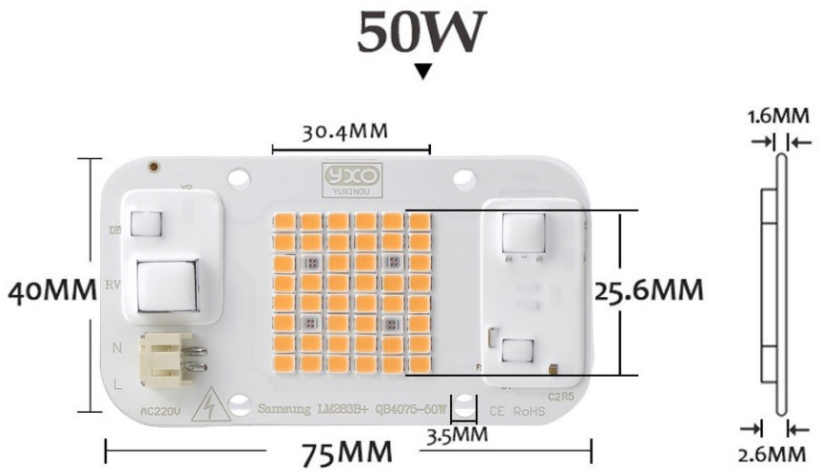
Slika 4.4 ESP32 razvojna pločica

Svaki EduGarden razlikuje se po Garden ID, to je kod koji se mora unesti u aplikaciju prilikom spajanja vrta s aplikacijom kako bi se znalo o kojem se vrtu točno radi, tako da je svaki vrt na neki način zaseban.

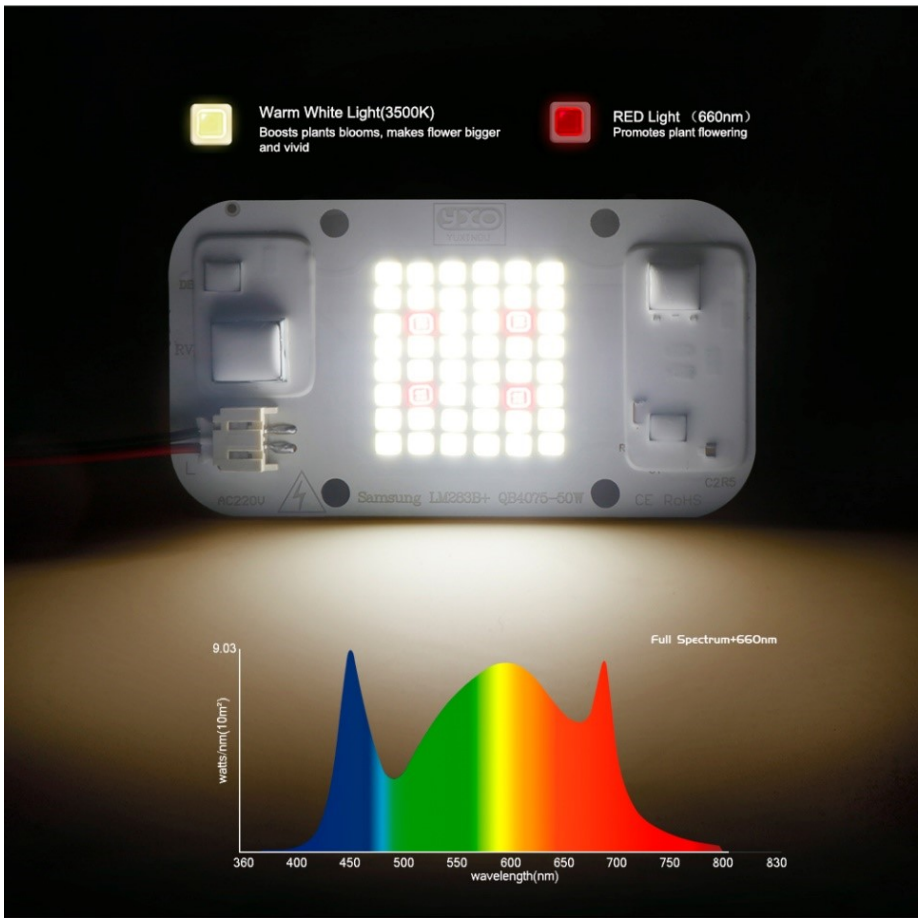
Da bi se određeni aktuatori mogli koristiti uz ESP32 potrebno je poznavati karakteristike pinova, prema katalogu proizvođača maksimalna struja koju jedan izlazni pin može dati je 40mA, dok maksimalni napon tog istog pina može biti 3,3V, ovo su važni podaci ako se upravlja tranzistorom ili MOSFET-om.

4.3. Lampa

Rasvjetno tijelo sastoji se od svjetlosnih modula raznih valnih duljina, aluminijskih rashladnih blokova, ventilatora za odvođenje topline, limenog kućišta i podiznog stupa. Podešavanje lampe po visini putem aplikacije utječe na faktor fotosintetskog aktivnog zračenja (PAR) spomenutog ranije isto se može mijenjati PWM modulacijom promjenom intenziteta osvjetljenja lampe. Koriste se dvije vrste LED modula, odnosno dva modula s različitim valnim duljinama svjetlosti kako bi se pogodio točno onaj spektar koji je biljkama najpotrebniji za rast i razvoj, te kako ne bi rasipavali električnu energiju na ostale svjetlosti koje su manje potrebne od plave i crvene. Slika 4.5 prikazuje tehničke specifikacije jednog od modula i graf valnih duljina koja taj modul emitira.



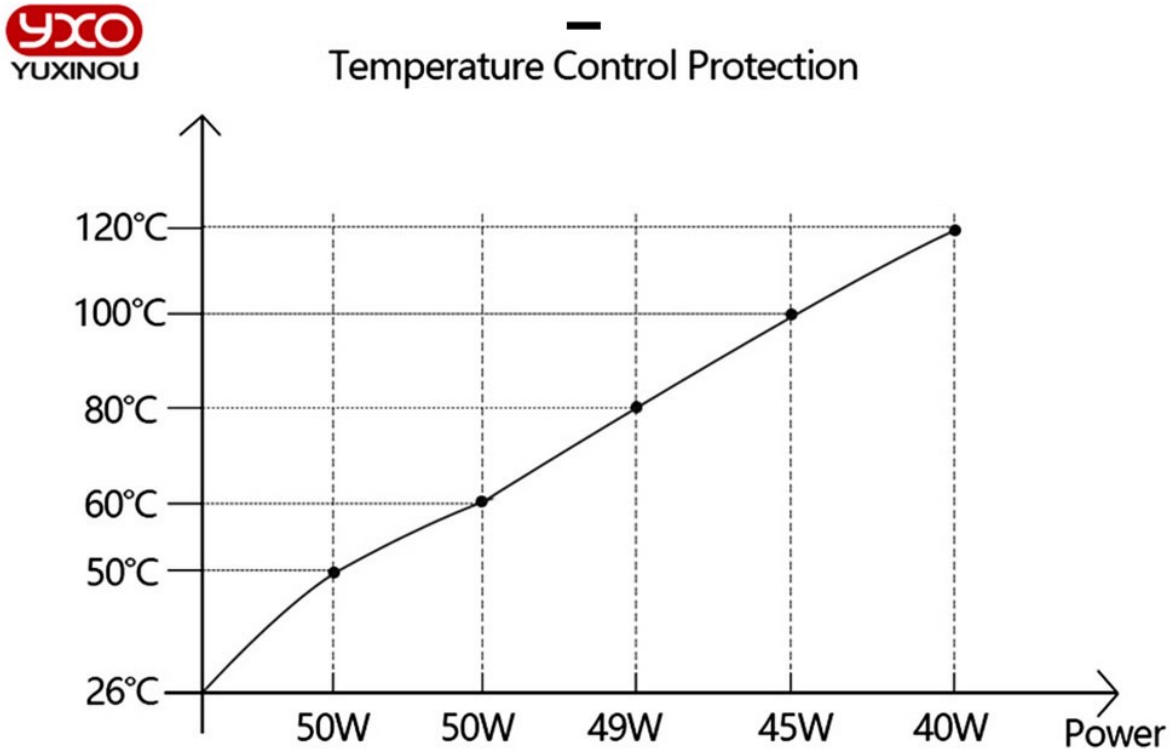
Part No.	YXO-QB4075-50W	Power	50W
Light source	Samsung LM283B	Wavelength	660nm/3500K
Voltage	220-265V/AC	Efficiency	96%
Frequency	50-60Hz	Flux Lm	6000-6500lm
Working temp	26.7~30℃	SIZE	75*40mm



Slika 4.5 Svjetlosni modul, bijeli

Drugi svjetlosni modul istih je dimenzija, razlika je u spektru svjetlosti koji emitira, kod njega je fokus na plavu svjetlost valne duljina 370 nm i crvenu svjetlost valne duljina 780 nm.

Električna snaga pojedinog modula je oko 50 W, ako se koristi po tri modula iznad svake biljke, to je sveukupno 450 W. Relativno velika snaga od koje puno odlazi na toplinu s kojom treba pravilno postupati kako bi se vijek trajanja svjetlosnih modula maksimalno produžio. Slika 4.6 prikazuje ovisnost snage i temperature, kako bi se dobio maksimum iz svjetlosnog modula bitno je toplinu odvoditi aluminijskim rashladnim blokovima i ventilatorima. Realna temperatura dobro hlađenih modula je oko 80 °C.



Slika 4.6 Ovisnost snage i temperature

Slika 4.7 prikazuje način hlađenja svjetlosnih modula, pasivni dio hlađenja je aluminijski blok, aktivni dio hlađenja je ventilator koji odvodi zagrijani s aluminijskog bloka, odnosno stvara podlak u području rebara aluminijskog bloka pa zrak iz prostorije prolazi kroz rebra te toplina s aluminija prelazi na strujeći zrak.

Slika 4.7 rashladno tijelo svjetlosnog modula

4.4. Senzori vlage supstrata

Senzorima vlage supstrata dobiva se informacija o postotku vlage supstrata u kojemu biljka raste i na osnovu tog podatka dalje se u aplikaciji postupa kako korisnik odabere.

Korišteni senzori uvjetovani su natječajem stoga je izbor bio vrlo uzak.

Slika 4.8 prikazuje modul koji ulazi u supstrat, te modul koji služi za pretvorbu očitanih vrijednosti kapaciteta u analognu odnosno digitalnu vrijednost koju dalje ESP32 pretvara u postotke.

Slika 4.8 Senzor vlažnosti supstrata

Postoje dva načina navodnjavanja, jedan je odabir ispod koje vrijednosti ne smije pasti vlaga supstrata, a drugi uopće ne gleda vlagu supstrata već zalijeva po odabiru korisnika, bilo to jednom dnevno, svaki drugi ili treći dan. Svaka tegla ima svoj senzor, kako bi se točno znala vlaga supstrata u svakom trenutku i na osnovu tih podataka korisnik može djelovati.

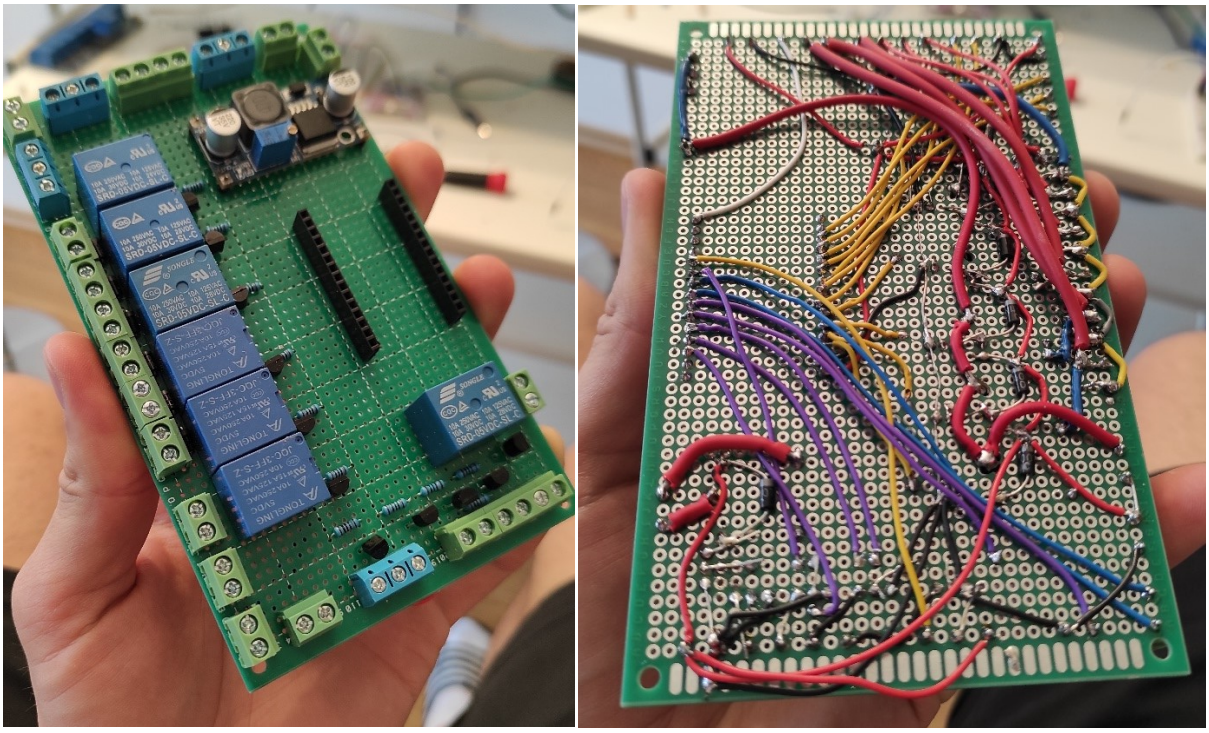
4.5. Senzor temperature i vlage zraka

Senzor temperature i vlage zraka od izrazite je važnosti jer ako je temperatura prostorije u kojoj rastu biljke premala ili previsoka mogu nastati velike štete kao što su sušenje ili odumiranje biljaka. Vlaga zraka važna je za apsorpciju vode putem listova no isto utječe i na vlagu supstrata, ako je zrak suši puno brže će izvlačiti vodu s gornjeg sloja supstrata i tako isušivati supstrat. Senzor korišten u pametnom vrtu uvjetovan je natječajem, no sasvim zadovoljava potrebe pametnog uzgoja jer je vrlo točan i brz na odzivu. Slika prikazuje senzor AM2301, riječ je o digitalnom senzoru temperature i vlage zraka, na sebi ima tri žice, dvije su napajanje 5V i uzemljenje, treća, žuta je signal koji dolazi do 8 bitni podatak koji dolazi do pina mikroupravljača potom se taj signal pretvara i prikazuje u aplikaciji u obliku postotka vlage i temperature zraka u stupnjevima Celzijevim.

Slika 4.9 Senzor temperatutre i vlage zraka AM2301

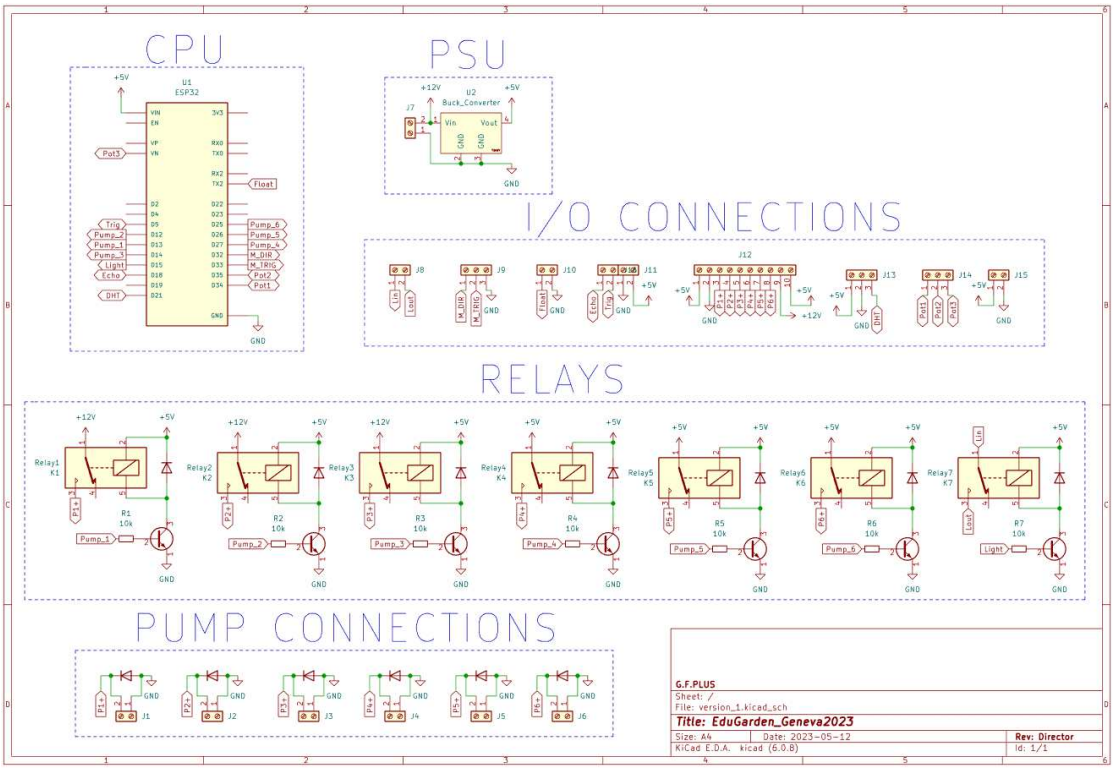
4.6. PCB

Kako bi se ubrzao proces proizvodnje potrebno je određene dijelove proizvoda automatizirati, jedan od tih dijelova je pločica s elektronikom. Postoje tvrtke u svijetu koje prema poslanom nacrtu izrade tiskanu pločicu na koju se potom zalemi elektronika, tranzistori, releji, otpornici i sl. Slika 4.10 prikazuje prototip pločice izrađen za prvi pametni vrt, ovakav način vrlo je nepouzdan jer prekid samo jednog voda može poremetiti cijeli proces ili dovesti korisnikovu sigurnost u pitanje.

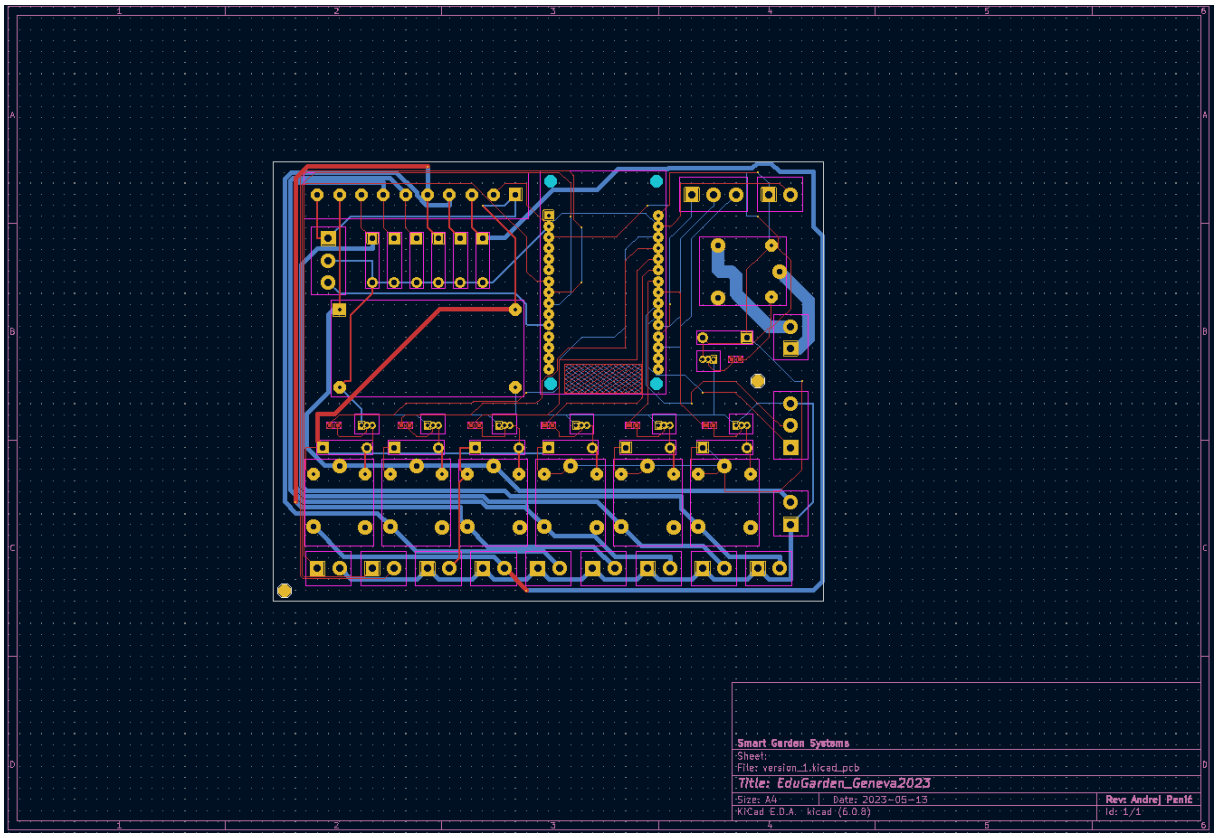


Slika 4.10 Prototip tiskane pločice

Nakon testiranja prototipa može se krenuti u konstruiranje PCB-a. Program korišten za crtanje i konstruiranje je KiCAD. Prvo se crta shema, prikazana na Slika 4.11. Zatim se iz sheme i odabira komponenti ide u sučelje gdje se crtaju vodovi, određuju debljine vodova i sl. što je prikazano na Slika 4.12.

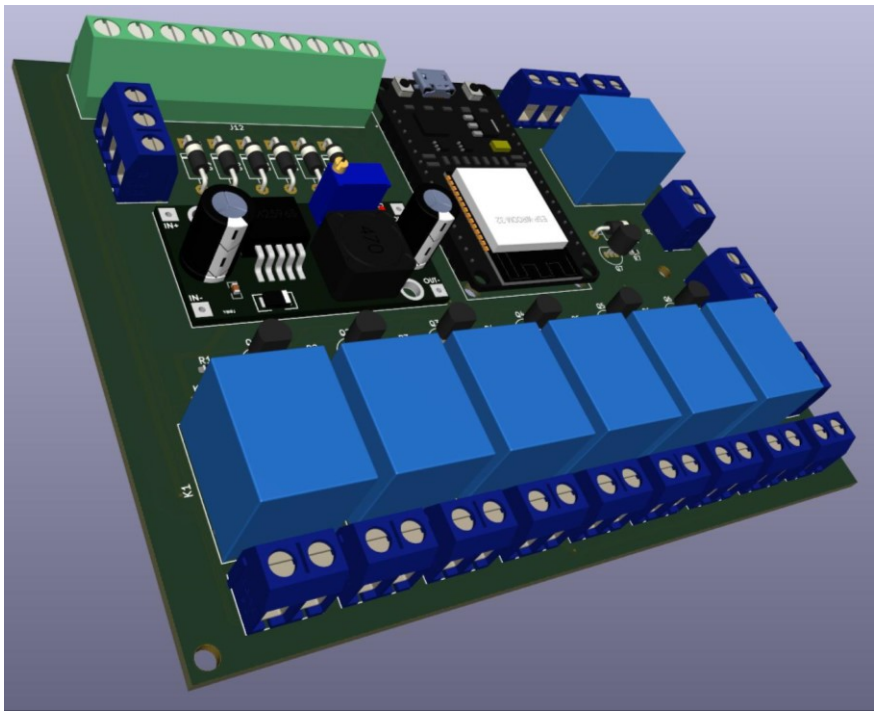


Slika 4.11 Shema PCB



Slika 4.12 PCB crtanje vodova

Nakon ovog koraka PCB se može pogledati kao 3D model, što olakšava predviđanje eventualnih grešaka prilikom sklapanja, valja napomenuti da ovo nije finalni PCB koji će biti korišten u pametnom vrtu već samo testni PCB. Slika 4.13 prikazuje testni PCB 3D model.



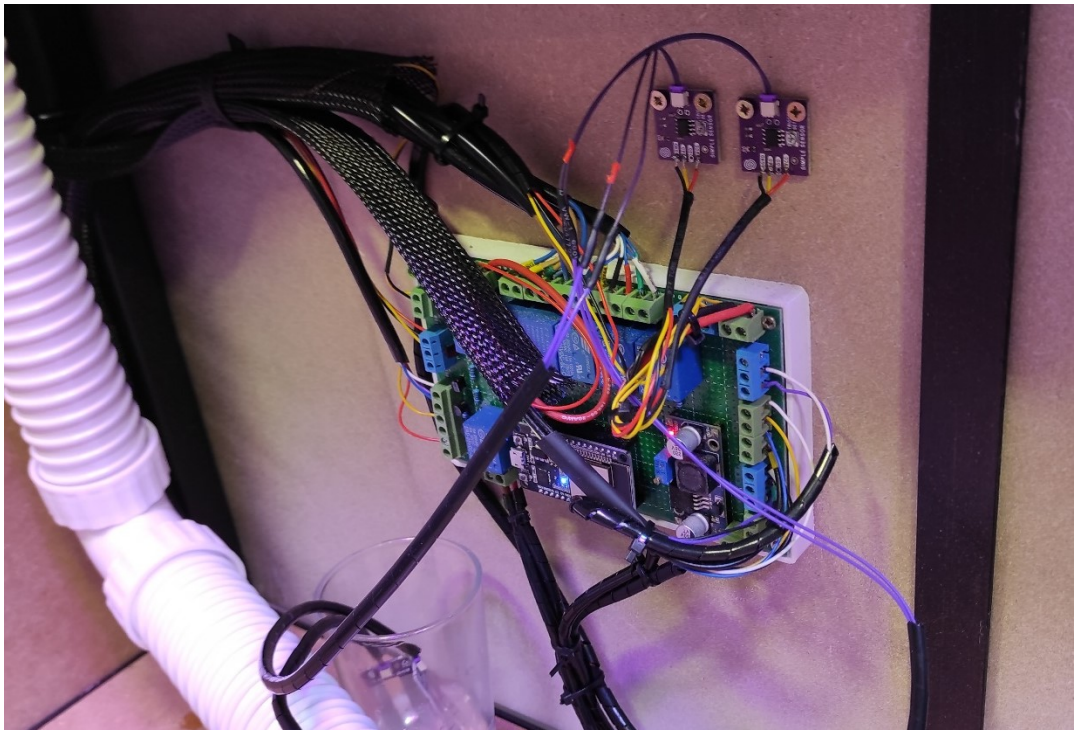
Slika 4.13 3D model testnog PCB

4.7. Ožičenje

Kvalitetno ožičenje bitno je za jednostavno i brzo spajanje i rasklapanje uređaja te za sigurnost korisnika kako ne bi došlo do pregaranja vodova, kratkih spojeva i drugih mogućih grešaka prilikom pogrešno projektiranih vodova.

Prvo ožičenje korišteno u pametnom vrtu prikazano je Slika 4.14, idući korak je u suradnji s tvrtkom kooperantom razviti kablove po mjeri kako bi se ubrzao proces proizvodnje vrtova i povećala sigurnost korisnika.

Organizacija kablova bitna je i za transport uređaja, naime ako je proizvod većih dimenzija potrebno je napraviti ga takvog da bude rastavljiv i lako sklopljiv, što se osim konstrukcije odnosi i na cijelo ožičenje.



Slika 4.14 Prototip ožičenja

4.8. Sustav pumpi

Postoje dva odvojena sustava pumpi, jedan se sastoji od 3 pumpe priključene na 12V i svaka pumpa uronjena u spremnik od 60 litara u kojemu se nalazi voda, te crijevo svake pumpe vodi ka jednoj tegli. Drugi sustav sastoji se od 3 pumpe priključene na 5V uronjene u spremnik od 3 litre u kojemu se nalazi tekuća prihrana, te crijevo svake pumpe vodi ka pojedinoj tegli. Razlog za odabir ovakvog sustava navodnjavanja uvjetovan je natječajem no jače pumpe služe za

navodnjavanje zbog toga što se koriste puno češće i puno više tekućine prolazi kroz njih dok pumpe za prihranu su manje i slabije iz ekonomskih razloga i zato što se prihrana koristi u prosjeku jednom tjedno u puno manjoj količini tekućine nego voda.

Slika 4.15 pumpa 12V (lijevo), pumpa 5V (desno)

4.9. Spremnici tekućina

Zapremina spremnika tekućina uvjetovana je natječajem, stoga odabran je 60 litarski spremnik od kvalitetne plastike za vodu u kojemu se nalaze 3 pumpe spojene na 12V, ultrazvučni senzor za precizno očitavanje razine tekućine te plutajuća sklopka koja služi za indikaciju korisniku kada mora prestati puniti spremnik vodom.

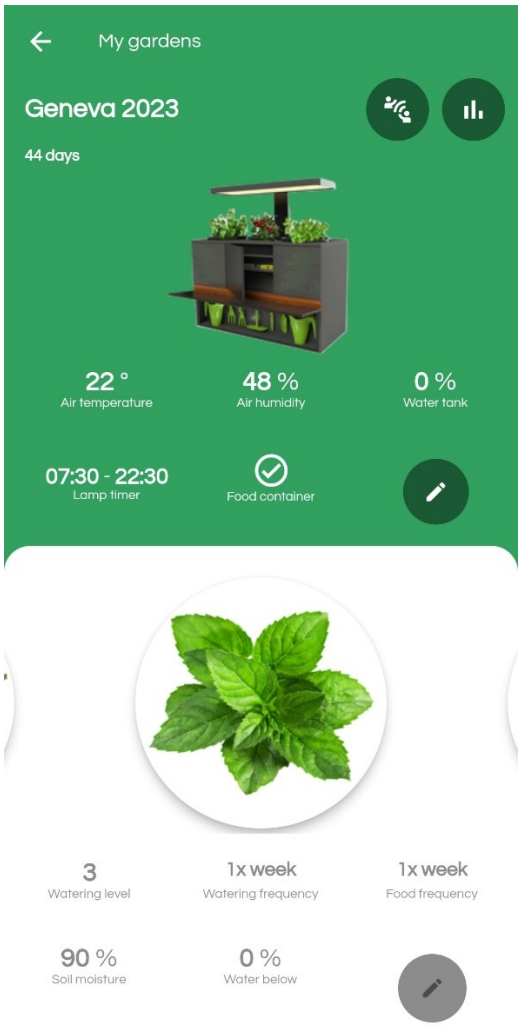
Ultrazvučni senzor nalazi se na poklopcu spremnika te mjeri vrijeme koje je potrebno od slanja zvučnog signala do njegovog povratka, to vrijeme podijeli se s dva kako bi se dobila vrijeme potrebno za prelazak od odašiljača do površine vode, zatim formulom s=v*t dobije se put odnosno udaljenost uz poznatu brzinu zvuka u zraku. Potrebno je kalibrirati senzor na način da se odredi koja udaljenost je referentna za 0% napunjenosti, a koja za 100%. Uz to treba osigurati spremnik od previše vode ulivene unutra, na način da se prvo korisnik obavijesti kada voda u spremniku dođe do 100% zatim ako korisnik u nekom doglednom vremenu ne prestane puniti spremnik dogodi se izlijevanje vode iz spremnika prema van kako bi se unutar proizvoda zaštitila elektronika od doticaja s vodom.

4.10.Aplikacija

Aplikacija razvijena u suradnji s fakultetom elektrotehnike i računarstva omogućava korisnicima pregled svih parametara i kontrolu uzgoja bilja. Web stranica sadrži sve podatke o edukacijama koje nastavnici provode tokom godine kroz nastavu i informacije o EduGarden-u.

Slika prikazuje aplikaciju koja je dostupna na App Store-u i Google Play-u.

Moguće je putem bluetooth-a povezati vrt na Internet, odabrati iz širokog asortimana koje biljke će se saditi u pojedinom vrtu i pojedinoj tegli, zatim moguće je kreirati profil ustanove gdje će nastavnik pratiti aktivnost svakog učenika dodanog u grupu unutar aplikacije. Svaki učenik može pregledati parametre i izvoziti parametre u obliku PDF datoteke i koristiti kameru i izvoziti slike u obliku PNG datoteke, samo nastavnik i ovlaštena osoba mogu upravljati vrtom. Pod upravljanjem vrtom misli se na korištenje pumpi, svjetla, motora za podizanje lampe, odabira biljaka, brisanje i dodavanje učenika unutar razreda.



Slika 4.16 Aplikacija SGS App

5. Nagrade

EduGarden višestruko je nagrađivan proizvod na sajmu inovacija u Ženevi. Osvojena je zlatna medalja dodijeljena od žirija sajma, priznanje za najbolju inovaciju od strane Irana, te MyKenz zlatna medalja za ekološke proizvode. Idući korak tvrtke je razviti proizvod kako bi bio spreman za serijsku proizvodnju i sklapanje i rastavljanje u dijelove zbog jednostavnijeg transporta. Nakon toga slijedi isporuka prvih proizvoda osnovnim školama u Hrvatskoj te, razni sajmovi diljem svijeta i širenje na globalno tržište.

Slika 5.1 Nagrade

Zaključak

Ovaj rad govori o inovaciji mlade tvrtke koja tek traži i stvara svoje tržište. Teško donositi zaključke na osnovi poslovanja, no svakako se može reći kako je tržište pametnog uzgoj biljaka i STEM edukacije u usponu, a ovaj proizvod spaja to dvoje pa se može reći da je jedan od pokretača budućih trendova.

Kod pametnog uzgoja biljaka kao i kod svakog proizvoda najbitniji je ekonomski faktor, koliko je isplativo i je li uopće isplativo. Najviše električne energije troši se na rasvjetu, stoga ako se može pronaći točka pokrića nakon nekog prihvatljivog vremena onda je taj posao na dobrom putu ka isplativosti.

Države koje su veliki izvoznici biljaka fokusiraju se na brzo rastuće biljke koje mogu više puta godišnje uzgajati i prodavati, uz što manje brige oko biljke, po mogućnosti robotizirani sustavi obavljaju sav dio oko sadnje, presađivanja i pakiranja gotovih proizvoda. Neke od tih biljaka su salate, no moguće je uzgajati i biljke koje zahtijevaju ozbiljniji tretman, gdje se puno više obraća pozornost na udio pojedinih plinova u zraku, vlagu, temperaturu, kvalitetu supstrata, prihranu i druge čimbenike koji uvelike utječu na rezultat uzgoja.

Zadnjih godina u Hrvatskoj veliki je porast raznih STEM edukacija, no malo projekata je uspjelo ostaviti kvalitetan trag u obrazovnom sustavu, tvrtka SGS smatra da je uzgoj biljaka odlično rješenje jer nudi proizvod povezan s prirodom uz kreativne edukacije na moderan način, baš kako i priliči 21. stoljeću.

Poduzetništvo jedan je novi izazov u životima studenata koji su osnovali tvrtku, ali kao i svaki novi početak, prvi dan u školi, prvi dan na fakultetu svi se suočavamo s velikom količinom učenja novih vještina i rješavanja novih problema. Vještine kao što su upravljanje ljudima i prodaja uče se brojem ponavljanja i iskustvom, odnosno treba pogriješiti nekoliko puta da bi čovjek naučio na vlastitoj grešci i iz toga donio zaključak.

Literatura

[1] Nepoznatno, *Photosynthetic active radiation*, Wikipedia (2023, veljača). Poveznica: https://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthetically_active_radiation; pristupljeno 25. svibnja 2023.

[2] Nepoznatno, *PAR(Photoysntethic active radiation)*, MechaTronix, (2018). Poveznica: https://www.horti-growlight.com/en-gb/par-ppf-ypf-ppfd-dli; pristupljeno 25. svibnja 2023.

[3] Nepoznatno, *Quantum (PAR) Sensors / Meters*, apogee instruments, (2023). Poveznica: https://www.apogeeinstruments.com/quantum/, pristupljeno 26. svibnja 2023.

[4] Nepoznato, *Kvalitetan supstrat-garancija uspješnog uzgoja*, Posadi sam, (2020, ožujak). Poveznica: https://posadisam.com/korisni-savjeti/sadnja/kvalitetan-supstrat-garancija-uspjesnog-uzgoja/, pristupljeno 26. svibnja 2023.

[5] Nepoznato, *Supstrati i dekorativni materijali*, Grama, (2018). Poveznica: https://grama.com.hr/portfolio/supstrati-i-dekorativni-materijali-vigorplant/, pristupljeno 27. svibnja 2023.

[6] Nepoznato, *Supstrat za biljke: vrste, primjena*, ELSA, (2019). Poeznica: https://elsa.decorexpro.com/hr/substrat-dlya-rastenij-vidy-primenenie/, pristupljeno 28. svibnja 2023.

[7] Nepoznatno, *Kompletan vodič za uzgoj: hiroponski uzgoj*, Vutropedija, (2019, studeni). Poveznica: https://vutropedija.com/hidroponski-uzgoj/, pristupljeno: 28. svibnja 2023.

[8] Nepoznatno, *ESP32*, Wikipedia, (2023, lipanj). Poveznica: https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32, pristupljeno 29. svibnja 2023.

[9] Nepoznatno, Soil moisture sensor, Wikipedia, (2021, prosinac), Poveznica: https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_moisture_sensor, pristupljeno 30. svibnja 2023.

Sažetak

EduGarden.

Rad opisuje kako je od obične ideje tim studenata razvio proizvod koji će na moderan način unaprijediti obrazovni sustav u Hrvatskoj. Opisan je proces razvoje ideje do proizvoda te poslovna, ekonomska i tehnička pozadina.

Pod tehničkim opisom govori se o tehnologiji koja pomaže pri uzgoju bilja, detaljno su opisani čimbenici bez kojih biljke ne mogu i kakav doprinos ima tehnologija.

Govori se o temeljima koji stoje iza odabira i projektiranja rasvjete prilikom uzgoja bilja, ujedno opisan je svaki dio pametnog vrta EduGarden i razlog zašto je pojedina komponenta odabrana.

Pametni vrt, EduGarden, SGS.

Summary

EduGarden.

The paper describes how, from a simple idea, these students developed a product that will improve the education system in Croatia in a modern way. The process of developing the idea to the product and the business, economic and technical background are described.

Under the technical description, we are talking about the technology that helps in the cultivation of plants, the factors without which the plants cannot live and the contribution of technology are described in detail.

It talks about the foundations behind the selection and design of lighting when growing plants, at the same time each part of the EduGarden smart garden is described and the reason why each component was chosen.

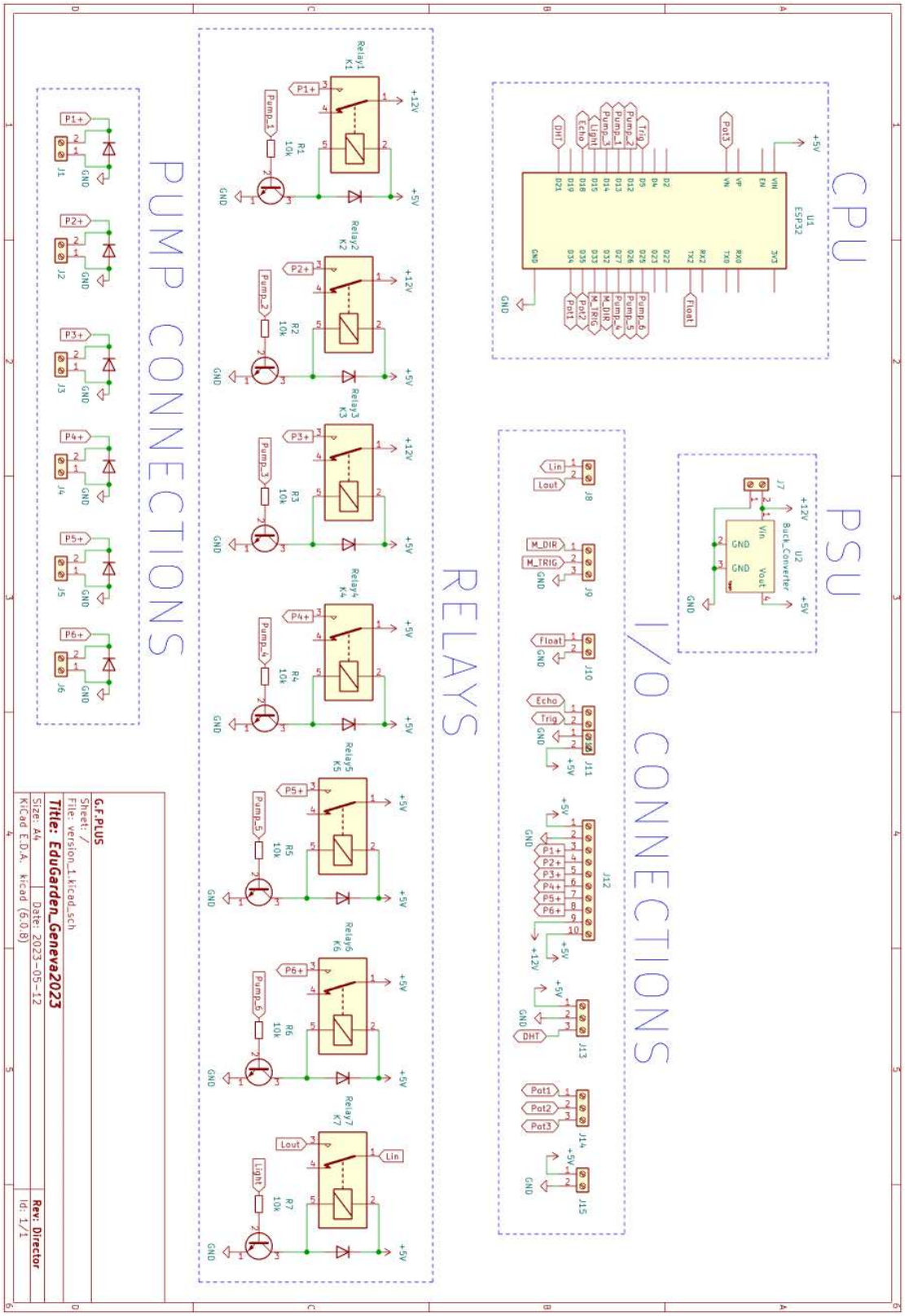
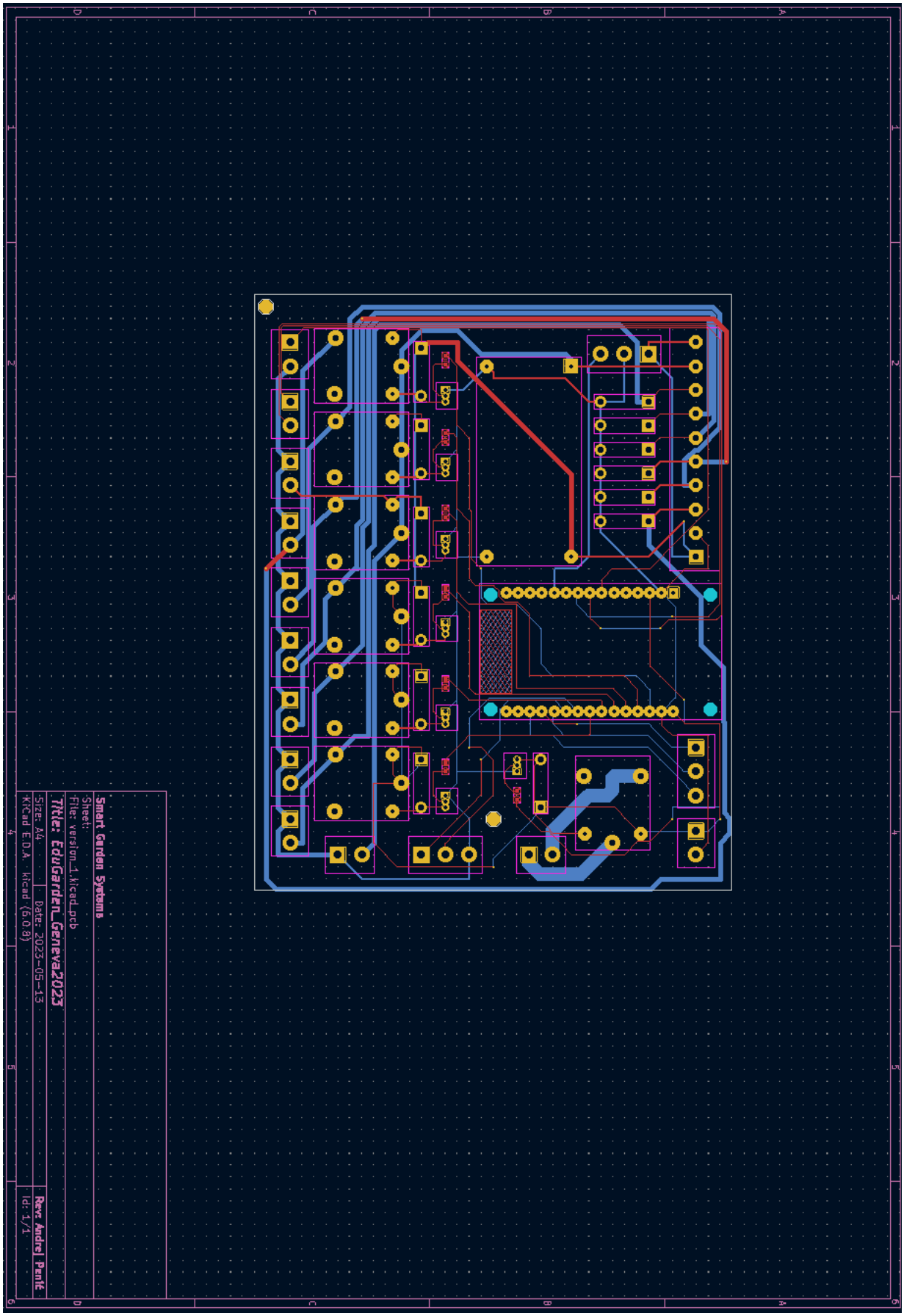
Pametni vrt, EduGarden, SGS.

Skraćenice

SGS	*Smart Garden Systems*	Smart Garden Systems
PCB	*Printed Circuit Bord*	tiskana pločica
STEM	*Science, Technology, Engineering, Mathematics*	Znanost, Tehnologija, inženjerstvo, matematika
PAR	*Photosynthetic active radiation*	fotosintetsko aktivno zračenje
PPFD	Photosynthetic photon flux density	fotosintetska gustoća toka fotona
DLI	*Daily light integral*	integral dnevne svjetlosti
PPF	*Photosynthetic photon flux*	fotosintetski tok fotona
CRI	*Color rate indeks*	indeks kvalitete boje

Privitak

Shema prototip PCB



Prikaz vodova u prototipu PCB