



Šolski center Celje

Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

NADZOR MIKROKLIME V PROSTORU Z MIKROKRMILNIKOM ARDUINO

RAZISKOVALNA NALOGA

AVTORJA

Andraž Špan
Rok Lešnik

MENTOR

Andrej Grilc

Celje, marec 2018

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	4
ZAHVALA	4
1 UVOD	5
1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA	5
1.2 HIPOTEZE	7
1.3 RAZISKOVALNE METODE	7
2 UGOTAVLJANJE TRENUTNEGA STANJA V PROSTORU	8
3 SNOVANJE PROJEKTA	8
4 REALIZACIJA PROJEKTA	11
5 PROGRAM	19
6 NADGRADNJA V PRIHODNOSTI	21
7 UGOTOVITVE	22
8 ZAKLJUČEK	23
9 IZJAVA	23

KAZALO SLIK

Slika 1: Pogled na strešne kupole	5
Slika 2: Vremenska postaja	5
Slika 3: Stikalo za ročni nadzor kupol	6
Slika 4: Mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH.....	6
Slika 5: Računalnik z odprtim testnim programom.....	7
Slika 6: Prototipna maketa ene kupole	9
Slika 7: Prototipna maketa vremenske postaje.....	9
Slika 8: Omrežje mikrokrmilnikov Arduino Leonardo ETH in Raspberry Pi	10
Slika 9: Celotna prototipna maketa	10
Slika 10: Izris lukenj	11
Slika 11: Vrtanje lukenj	12
Slika 12: Končano ohišje	12
Slika 13: Nalaganje programa na mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH.....	13
Slika 14: Odstranitev obstoječe napeljave.....	13
Slika 15: Montaža novega signalnega kabla	14
Slika 16: Priklop krmilne enote	14
Slika 17: Priklopljena krmilna enota	15
Slika 18: Zapiranje spuščene stropa po montaži krmilne enote	15
Slika 19: Vstavitev zidnih vložkov	16
Slika 20: montaža omarice	16
Slika 21: Omarica z montirano opremo	17
Slika 22: Testiranje vremenske postaje.....	17
Slika 23: Montaža vremenske postaje	18
Slika 24: Priklop vremenske postaje.....	18
Slika 25: Nalaganje in prvi zagon arduino programa	19
Slika 26: Izpis temperature.....	20
Slika 27: Izpis dogodkov v sistemu	20
Slika 28: Princip nadzora preko spletne strani in protokola UDP	21
Slika 29: Pripravljeni na nadaljnje delo	22

POVZETEK

S projektom smo resno začeli v začetku tega šolskega leta, ko smo prejeli ves potreben material. V roku nekaj mesecev je bil projekt končan. V tej raziskovalni nalogi vam bova predstavila celoten potek izdelave projekta in kakšne prednosti prinaša vgrajen sistem prostorom šole.

ZAHVALA

Pri izdelavi raziskovalne naloge se zahvaljujema najinemu mentorju, Andreju Grilcu, univ.dipl.inž.el. za izdatno pomoč pri snovanju naloge. Zahvaljujema se ravnatelju Mojmirju Klovarju za pridobitev materiala in dovoljenje za vgradnjo sistema v šolsko infrastrukturo. Zahvaljujema se lektorici, dr. Tanji Jelenko za lektoriranje te raziskovalne naloge.

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V preteklem šolskem letu smo pri pouku razmišljali, kako bi lahko izboljšali funkcionalnost naše šole da bi sledili tehnološkim trendom. Oblikovala sva idejo, da bi v novem prizidku šole izvedli avtomatizacijo strešnih kupol in sicer na temperaturo, zunanje vremenske vplive in časovni interval.



Slika 1: Pogled na strešne kupole



Slika 2: Vremenska postaja

Pričela sva z izdelavo delovnega načrta, seznamom potrebnih komponent, planom dela in še kaj bi se našlo.



Slika 3: Stikalo za ročni nadzor kupol

Na počutje v prostoru vpliva veliko dejavnikov. Ena glavnih pa sta zagotovo temperatura in kakovost zraka. To še posebej velja za učilnice, saj se v njim zadržuje in izmenjuje veliko oseb. Tako sva se s sošolcem odločila, da bova naredila krmilje, ki bo čim boljše opravilo svojo nalogo. Problema sva se lotila z mikrokrmilnikom Arduino.



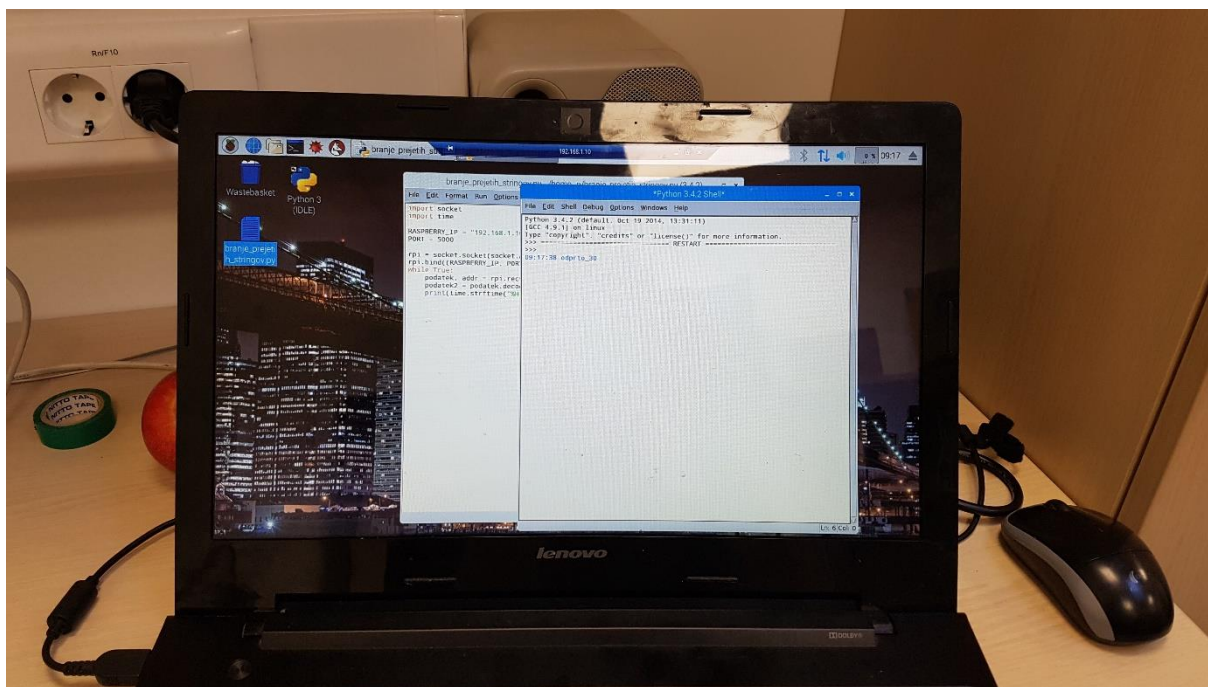
Slika 4: Mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH

1.2 HIPOTEZE

- Kakovost zraka je brez aktivnega nadzora slabša
- Aktiven nadzor mikroklima z mikrokrmilnikom Arduino bo bistveno izboljšal kakovost zraka v prostoru
- Za še boljši nadzor nad mikroklimo bi bil potreben nadzor tudi nad ogrevalnim sistemom
- Aktiven nadzor z mikrokrmilnikom Arduino bo izboljšal tudi varnost opreme in infrastrukture

1.3 RAZISKOVALNE METODE

Na začetku sva se trudila čim bolj preučiti trenutno stanje v prostoru. Z merjenjem temperature in vlage sva poskušala ugotoviti kakovost zraka. Ugotoviti je bilo potrebno katere komponente bi bile najbolj primerne za rešitev in kako jih glede na željene cilje povezati v smiselno celoto. Program za mikrokrmilnik Arduino, ki nadzorujejo posamezne kupole ter vremensko postajo sva napisala z Arduino IDE (Arduino Integrated Development Environment), program za Raspberry Pi, ki nadzira celoten sistem je napisan s programskim jezikom Python 3 z uporabo programa Python 3.6.



Slika 5: Računalnik z odprtim testnim programom

2 UGOTAVLJANJE TRENUTNEGA STANJA V PROSTORU

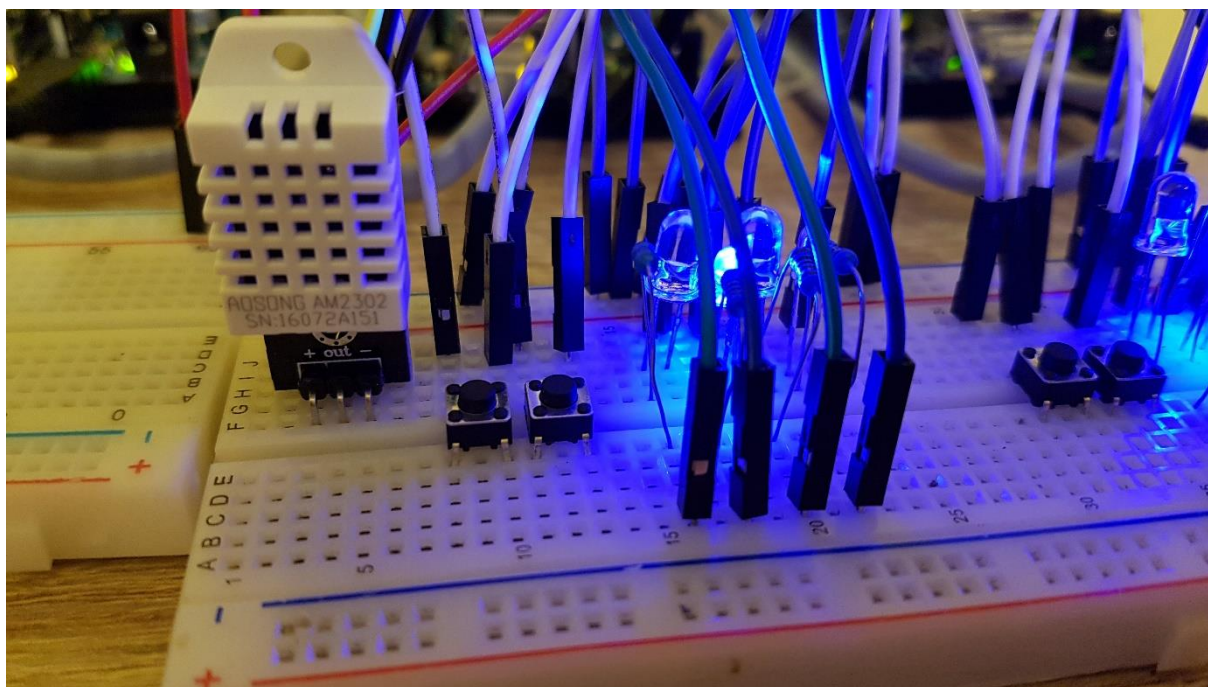
Najino raziskovanje se je torej začelo z zbiranjem čim več koristnih informacij, ki so nama kasneje pomagale pri izdelavi celotnega krmilja. Na začetku sva se usmerila k merjenju temperature ter vlage v prostoru in s tem ugotovila, da je kakovost zraka v učilnicah zelo slaba kar naju je še bolj spodbudilo k nadaljnjemu delu. V nadaljevanju sva spremljala navade prezračevanja v tem delu šole in ugotovila, da kupole, tudi če ni nikjer nikogar, ostajajo odprte. Opazila sva tudi da so kupole odprte kljub dežju ali vetru, kar predstavlja nevarnost za poplavo ter poškodbo šolske opreme. Nenazadnje pa sva ugotovila, da se dijaki "igrajo" z njimi, saj so tipke prosto dostopne in jih lahko upravlja kdorkoli, kar predstavlja problem pri slabem vremenu ali pa da ostanejo odprte čez noč, vikend ... Z opazovanjem navad sva ustvarila tudi dnevni časovni trak, kdaj je kupole najbolj primerno avtomatsko odpreti. Ugotovila sva da je to dvajset minut pred začetkom pouka, med pet minutnimi odmori in po pouku.

3 SNOVANJE PROJEKTA

Po tem, ko sva določila stanje ter zapisala ugotovitve, sva se lotila še zahtev ravnatelja ter profesorjev, ki poučujejo v tistem delu šole. Prišla sva do nekaj zanimivih ter inovativnih idej ter tudi varnostnih in uporabnih zahtev, ki sva jih kasneje vključila v program. Seveda pa so se pomanjkljivosti oz. potrebe po nadgradnji ter spremembi načina delovanja pojavljale v preizkusnem obdobju in sva zahteve sproti popravljala oziroma dodajala.

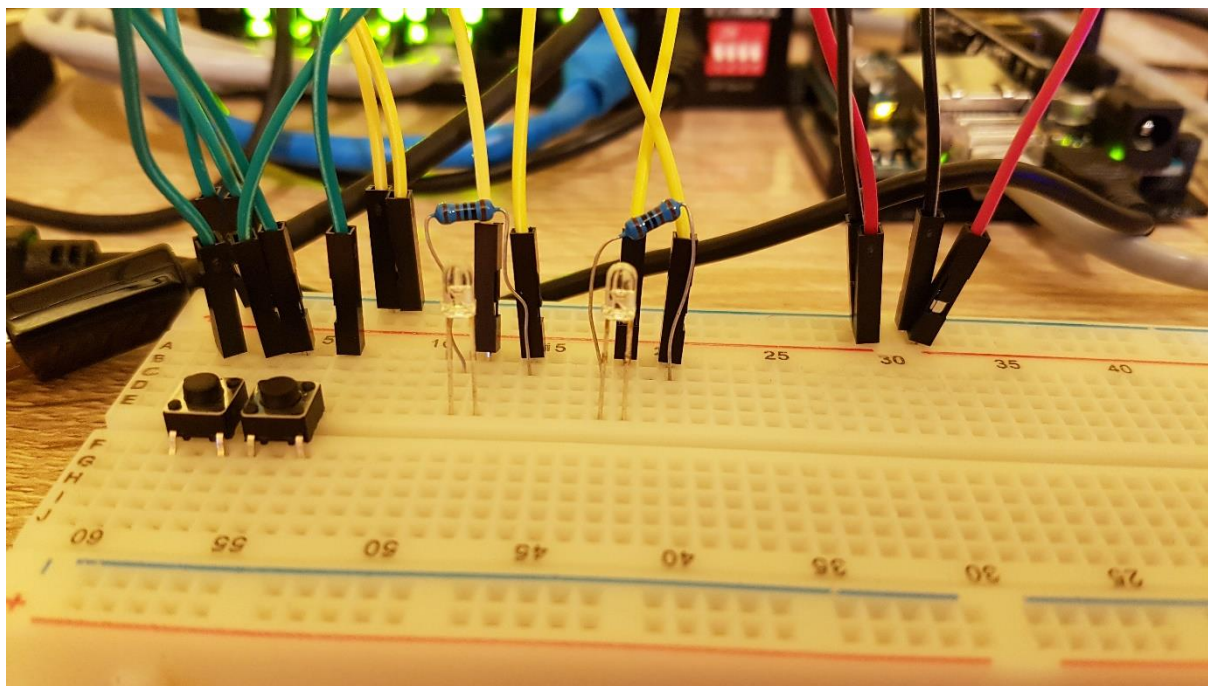
Po pridobljenih informacijah sva se lotila izbire potrebnega materiala. Za krmilje sva uporabila mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH, saj je to edini Arduino trenutno v proizvodnji, ki ima vgrajen internetni RJ45 konektor ter možnost napajanja preko internetnega kabla (Power over Ethernet – PoE) z temperaturnim senzorjem DHT22 in dvokanalnim relejem za nadzor kupol, za centralno enoto sva uporabila računalnik Raspberry Pi 3, vse komponente skupaj pa povezuje omrežni usmerjevalnik Linksys E900 in omrežno stikalo Tenda, ki zagotavlja tudi PoE napajanja.

Med čakanjem na material sva pričela z izdelavo prototipa sistema s pomočjo LED sijalk, tipk, temperaturnega senzorja in mikrokrmilnikom Arduino Uno, ki sva jih imela že doma. Kasneje, po prejetju materiala, sva izdelala maketo, ki je bila sestavljena iz mikrokrmilnika Arduino Leonardo ETH, dvokanalnega releja, štirih signalnih LED sijalk, dveh tipk in temperaturnega senzorja. Ta maketa nama je omogočala preizkus funkcionalnosti in pravilnost delovanja napisanega programa.



Slika 6: Prototipna maketa ene kupole

Kasneje smo na maketo dodali še en komplet modula, sestavljenega iz mikrokrmilnika Arduino Leonardo ETH in vseh pripadajočih komponent ter dodatni mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH, ki je deloval kot vremenska postaja. Z pritiskom na prvo tipko smo lahko simulirali padavine, z pritiskom na drugo mejo pa veter, ki je presegel pred nastavljeno mejno hitrost.

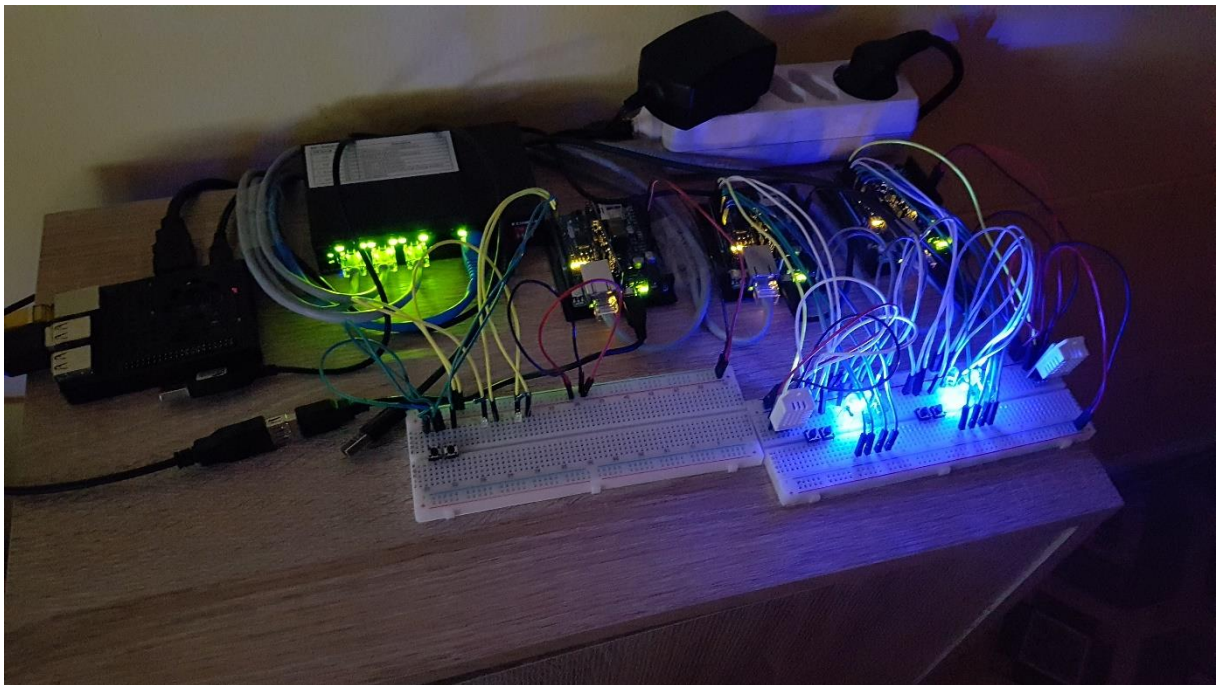


Slika 7: Prototipna maketa vremenske postaje

Dodali smo še Raspberry Pi 3, z ohišjem narejenem na lastnem 3D tiskalniku, za potrebe preizkušanja komunikacije med mikrokrmilniki Arduino Leonardo ETH in Raspberry Pi 3 ter pravilnosti delovanja programov.



Slika 8: Omrežje mikrokontrolerov Arduino Leonardo ETH in Raspberry Pi



Slika 9: Celotna prototipna maketa

4 REALIZACIJA PROJEKTA

Mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH, ki se nahaja pri vsaki kupoli, ki jo nadziramo z centralnim sistemom komunicira preko UDP standarda po LAN omrežju. Za LAN omrežje smo se preko WLAN omrežja odločili zaradi varnosti pred morebitnimi vdori, večje zanesljivosti saj so možnosti za motnje znatno manjše in zaradi možnosti PoE, ki nam omogoča da do mikrokrmilnika iz centralne lokacije napeljemo le en kabel, v našem primeru UTP cat 5e, ki nam služi za prenos podatkov in napajanje mikrokrmilnika in nadzornih relejev. Tako do krmilne enote, ki je sestavljena iz mikrokrmilnika, relejev in vhodnih kontaktov za senzorje napeljemo le kable za nadzor kupole, kabel s tipk in senzorja, ker se vse nahaja v istem prostoru. Z uporabo PoE se izognemo uporabi več napajalnikov oziroma dodatnega napajalnega kabla. Ker uporabljamo industrijski PoE je napetost približno 50V, kar pomeni zanemarljive izgube na vodnikih. To v primerjavi z ločenimi napajalniki v krmilni enoti pomeni večjo energetske učinkovitost.

Pred montažo sistema v prostore smo izdelali ohišja za mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH. Ohišje je izdelano iz nadometne doze velikosti 190x140x70mm. V dozo sva zvrtila potrebne luknje za dovod vodnikov v ohišje, pritrdila lestenčno sponko za priklop temperaturnega senzorja in tipk ter pritrdila dvokanalni rele in mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH.



Slika 10: Izris lukenj



Slika 11: Vrtanje lukenj



Slika 12: Končano ohišje

Ko je bilo ohišje končano sva na mikrokrmilnik naložila potreben program, ki je bil prilagojen vsakemu prostoru posebej.



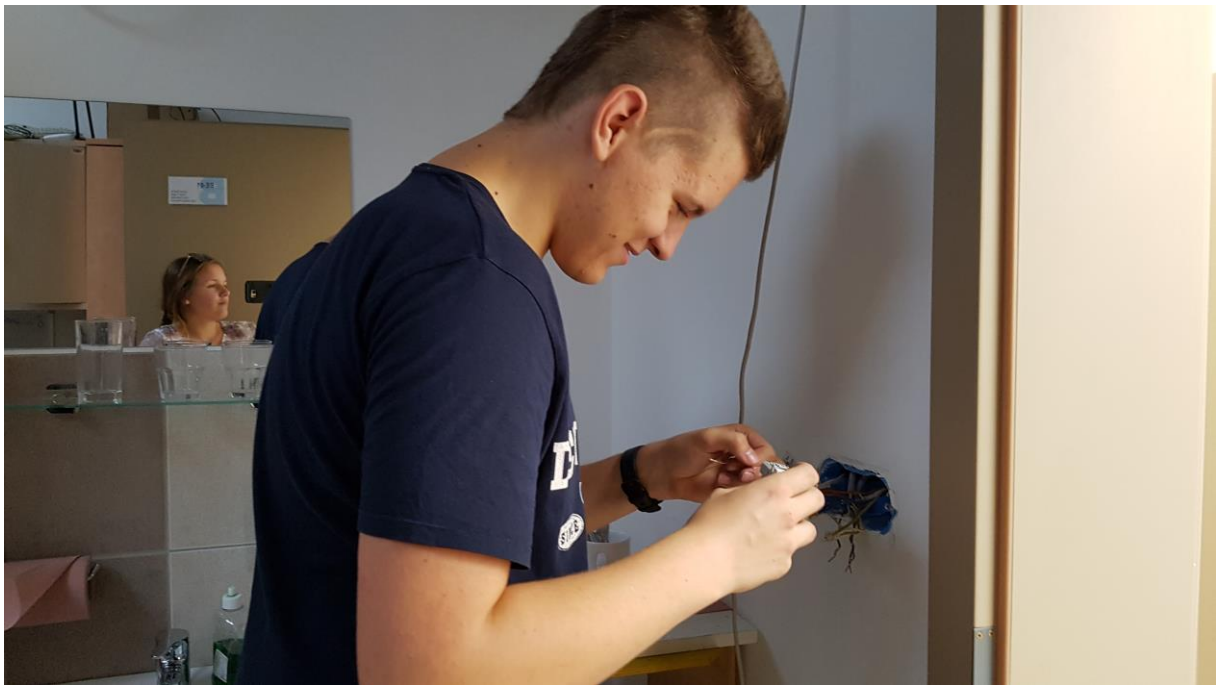
Slika 13: Nalaganje programa na mikrokontroler Arduino Leonardo ETH

Ko je bilo nalaganje končano, sva v prostoru izklopila elektriko in preprečila ponovni vklop, vso delo na objektu je bilo izvedeno v skladu z veljavnimi predpisi o varstvu pri delu in pod strokovnim nadzorom. Nato sva začela z odstranitvijo obstoječe vezave stikal in motorjev strešnih kupol.

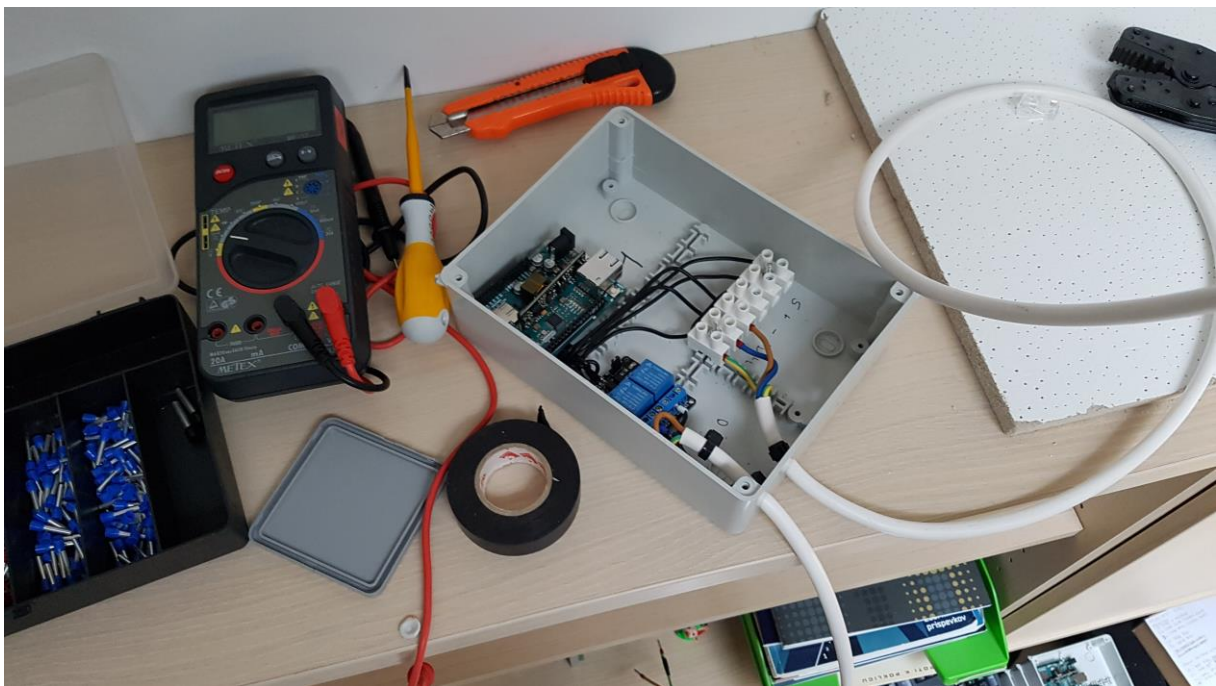


Slika 14: Odstranitev obstoječe napeljave

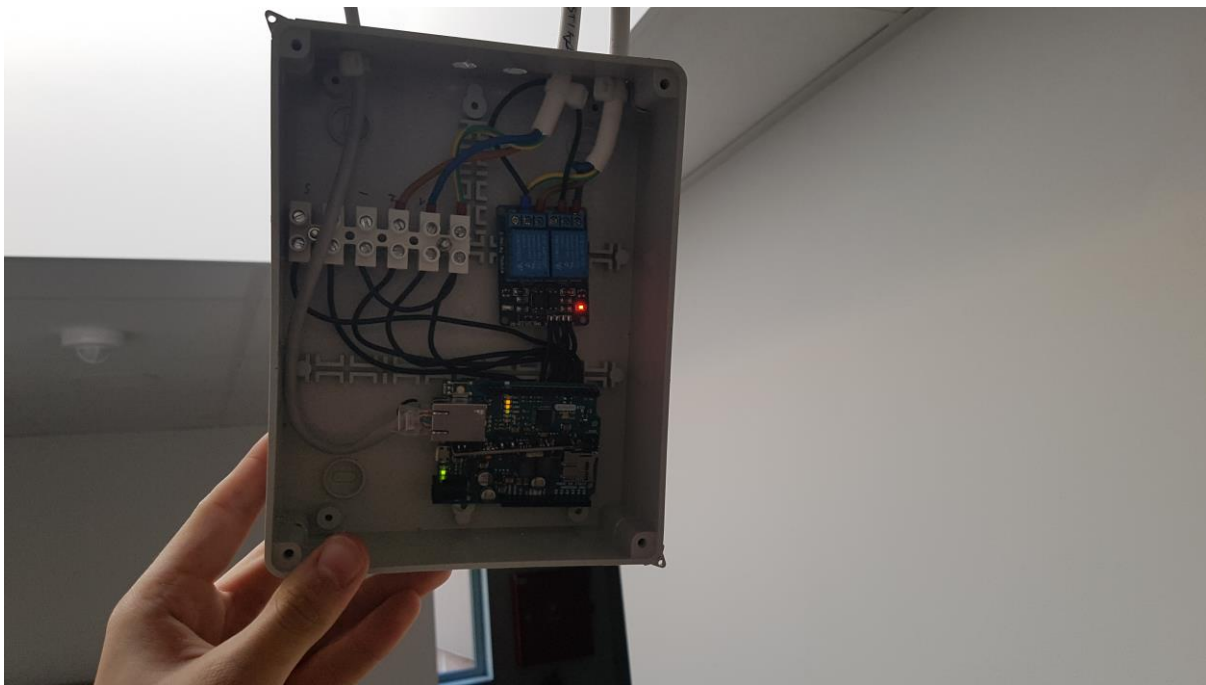
Ko je bila obstoječa napeljava odstranjena sva pričela z vgradnjo nove napeljave, ki je vključevala nove kable od stikala do mikrokontrolnika, povezavo releja ter motorjev kupole in vgradnjo mikrokontrolnika v prostor, nad spuščen strop.



Slika 15: Montaža novega signalnega kabla



Slika 16: Priklop krmilne enote



Slika 17: Priklopljena krmilna enota



Slika 18: Zapiranje spuščnega stropa po montaži krmilne enote

Ko so bile krmilne enote montirane sva začela z montažo serverske omarice. Odločila sva se za montažo v kabinetu, ker je to varna lokacija z omejenim dostopom, je v bližini vseh ostalih krmilnih enot in v bližini elektro omarice od koder smo napeljali napajalni kabel, ki je priklopljen na dodati inštalacijski odklopnik. Za večjo zanesljivost delovanja je predvidena možnost priklopa brezprekinitvenega napajanja. Ker je prizidek zgrajen iz suho montažnih mavčnih plošč sva morala za montažo uporabiti posebne kovinske vložke in vijake.



Slika 19: Vstavitev zidnih vložkov



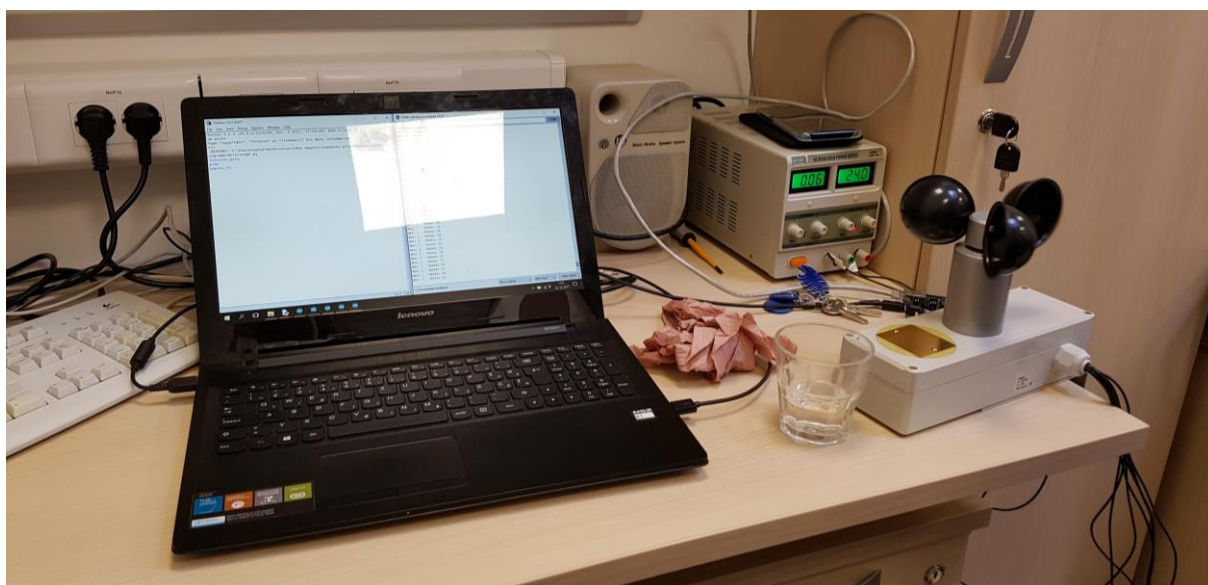
Slika 20: montaža omarice

Ko je bila omarica montirana in napeljana elektrika do omarice sva začela z montažo vse potrebne opreme v omarico. V omarico sva montirala električni razdelilnik, patch panel, organizator kablov, omrežno stikalo in omrežni usmerjevalnik.



Slika 21: Omarica z montirano opremo

Ko je bilo delo z omarico končano, sva prižela z montažo vremenske postaje. Vremenska postaja, ki sva jo izbrala za delovanje potrebuje 24 V napajanje, trenutno uporabljamo laboratorijski napajalnik, in vrača analogen signal, zato je poleg vremenske postaje v dozi vgrajen mikrokrmilnik Arduino Leonardo ETH, katerega naloga je branje vrednosti senzorjev in pošiljanje potrebnih podatkov centralni enoti. Pričela sva z testiranjem vremenske postaje v učilnici, kasneje smo jo montirali na streho.



Slika 22: Testiranje vremenske postaje



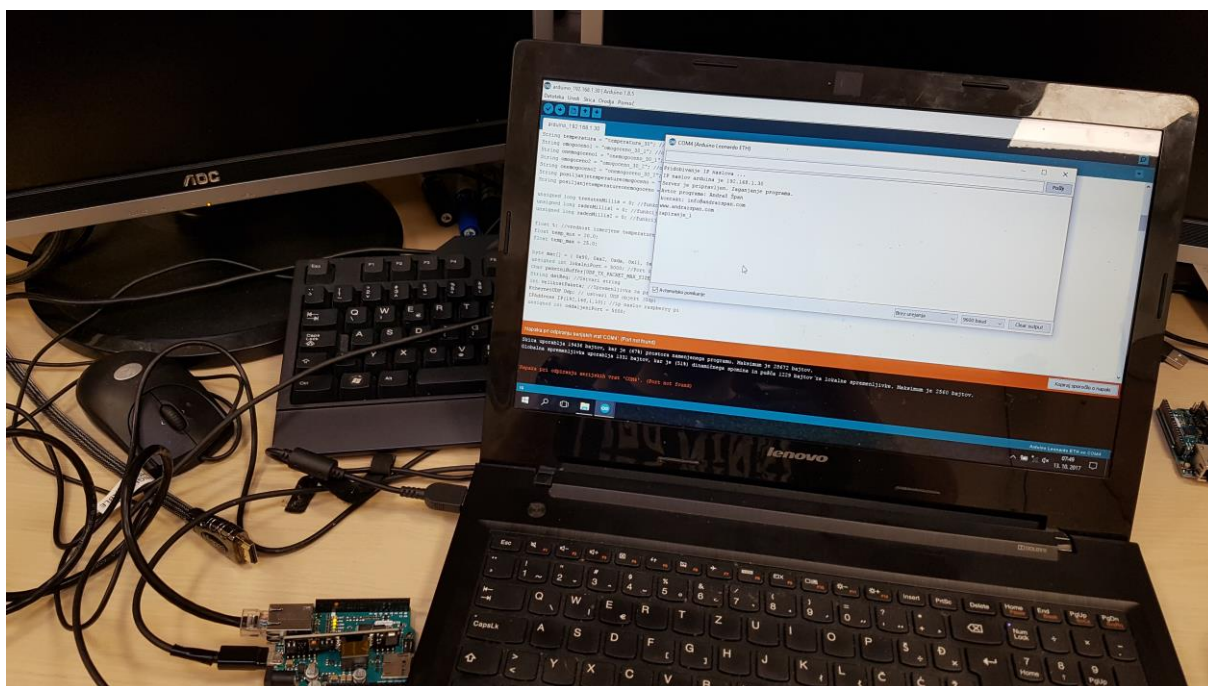
Slika 23: Montaža vremenske postaje



Slika 24: Priklop vremenske postaje

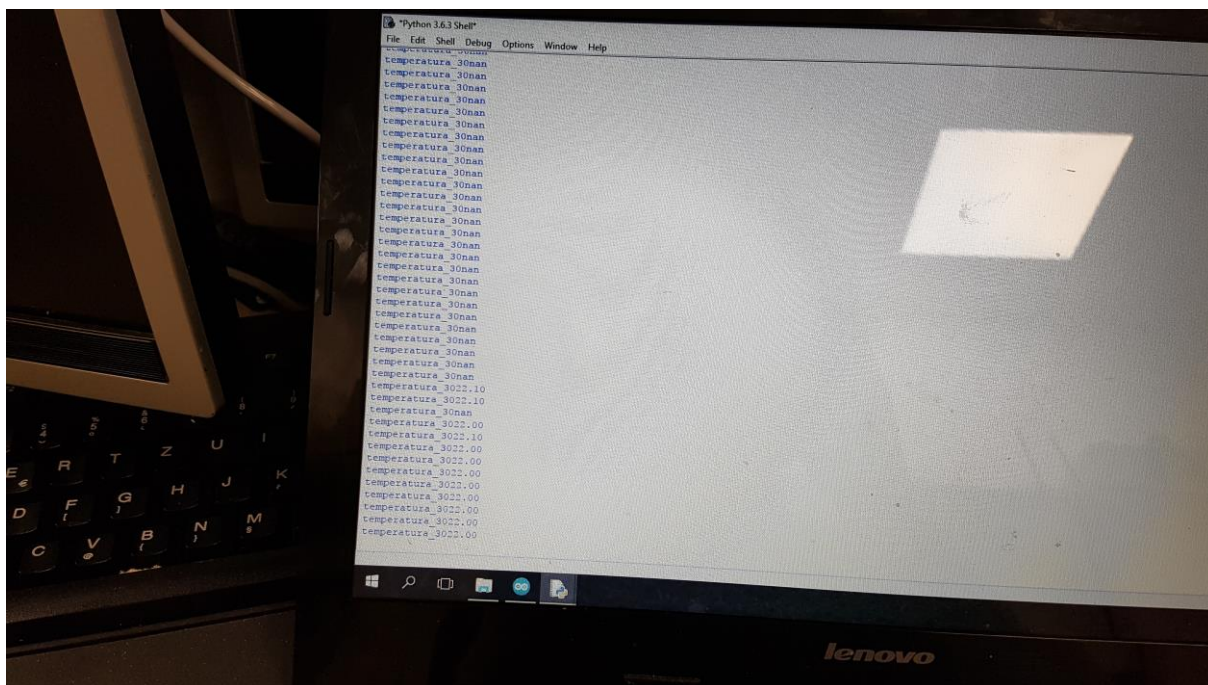
5 PROGRAM

Kot osnova nam je služil prototip programa, v katerem je že deloval nadzor strešnih oken oziroma kupol preko tipk, odpiranje ob previsoki temperaturi, zapiranje ob prenizki temperaturi glede na temperaturni senzor v prostoru, zapiranje ob neugodnih vremenskih razmerah glede na signal ki ga je poslala vremenska postaja. Po pogovoru z ravnateljem smo ustvarili seznam željenih funkcij in začeli z posodabljanjem programa in implementacijo vseh željenih funkcij. Dodali smo možnost le delnega odpiranja oziroma zapiranja kupol glede na dolžino časa pritiska tipke. V primeru da uporabnik tipko drži manj kot štiri sekunde se kupole le delno odpre oziroma zapre, če uporabnik tipko drži dlje kot eno sekundo se kupola popolnoma zapre oziroma odpre. Pri temperaturnem odpiranju iz zapiranj smo glede na vrednost temperature odčitane s senzorja in sobnega termometra določili relativno napako meritve in v programu ustrezno prilagodili mejne vrednosti za odpiranje in zapiranje kupol.



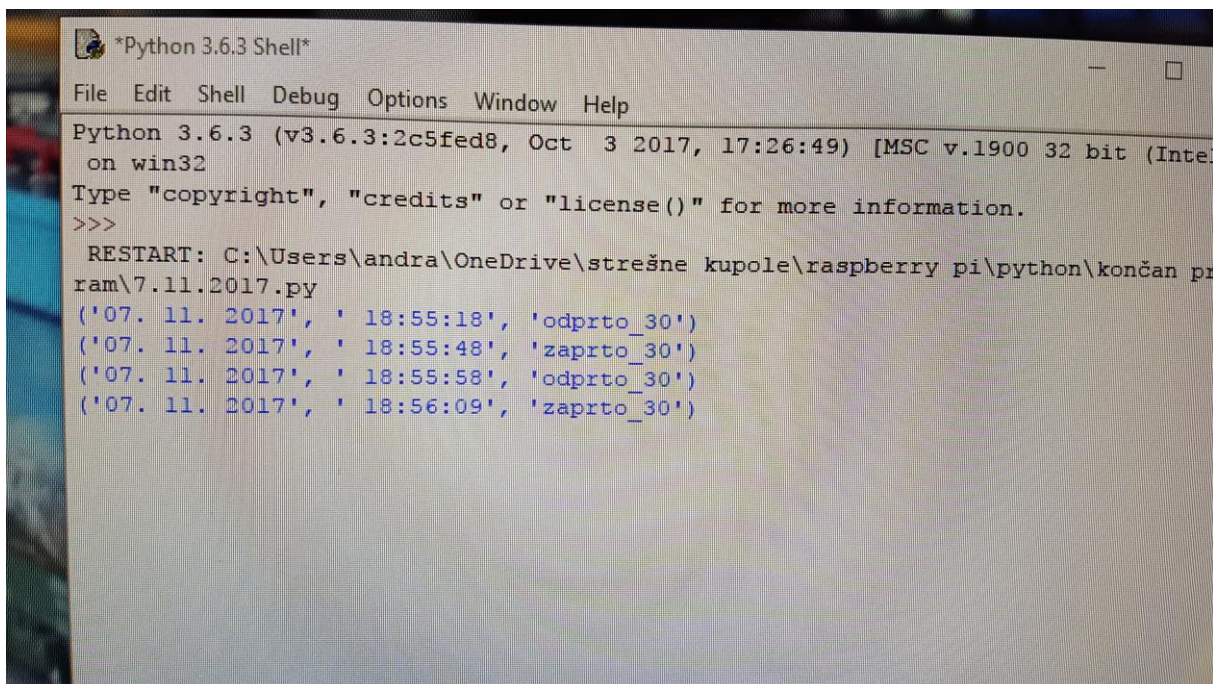
Slika 25: Nalaganje in prvi zagon arduino programa

V sodelovanju z centralno nadzorno enoto, za katero smo uporabili računalnik Raspberry Pi z operacijskim sistemom Raspbian in namensko kodo napisano v Python programskem jeziku, lahko avtomatiziramo odpiranje in zapiranje kupol ob določenih časovnih točkah. Tako smo nastavili odpiranje oz. zapiranje kupol ob odmorih. S tem smo zagotovili redno prezračevanje prostora. S pomočjo tega programa zjutraj omogočimo odpiranje in zvečer, ko je objekt prazen, onemogočimo odpiranje kupol. Vremenska postaja, ki je sposobna meriti hitrost vetra in padavine pošilja podatke v centralno nadzorno enoto. V primeru dežja ali prevelike hitrosti vetra, ki ne sme biti le kratkotrajni sunek, se sproži zapiranje kupol in onemogoči odpiranje za naslednjih deset minut. Nato sledi ponovno preverjanje vremenskih razmer. V prostoru, kjer je edini način zračenja kupola je tudi v primeru vremenskih nepravilnosti možno odpiranje kupole. Omogočeno je le minimalno odpiranje, kar zagotovi potrebno zračenje in prepreči možnost poškodbe zaradi prevelikega vetra ali poškodb prostora zaradi vode. Preventivno se ta delno odprta kupola zapre vsakih trideset minut.



Slika 26: Izpis temperature

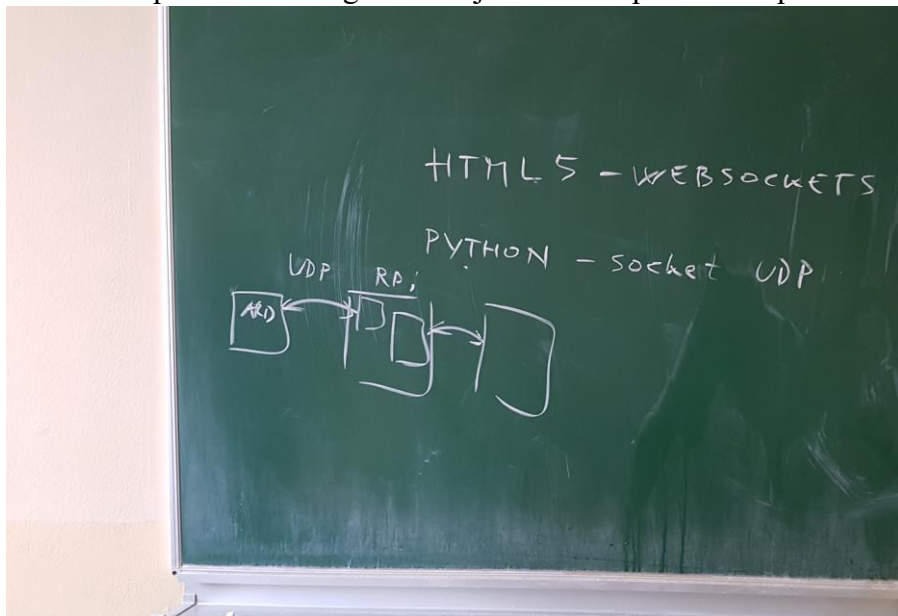
Vsi dogodki, ki se zgodijo v sistemu, kot so odpiranje ali zapiranje kupol, razlog odpiranja oziroma zapiranja, ki je lahko pritisk tipk, oddaljen nadzor, presežena temperaturna meja, časovni nadzor ali vremenska postaja so zabeleženi na centralni nadzorni enoti. Le ta zabeleži še točen čas in datum dogodka. Ti podatki se enkrat dnevno nalagajo v oblako storitev, kjer je možen pregled in analiza dogajanja. Vsi podatki so iz varnostnih razlogov shranjeni poleg oblačne storitve še lokalno na centralni nadzorni enoti.



Slika 27: Izpis dogodkov v sistemu

V programu je predvidena možnost, da uporabnik, ki ima administrativni dostop, onemogoči odpiranje in zapiranje posamezne kupole zaradi temperature ali v celoti. Ta funkcija je namenjena preprečitvi nesreče, v primeru vzdrževalnih del. Program za nadzor kupol, ki se izvaja na mikrokontrolerju Arduino Leonardo ETH je karseda optimiziran za zanesljivo in hitro delovanje. To vključuje tudi skrb, da velikost programa ni prevelika, saj bi to lahko povzročilo nestabilnost. V programu so vključeni že vsi elementi za katere menimo da bi lahko bili potrebni pri nadgradnjah v prihodnosti, kar pomeni da bo večina razvoja v prihodnosti potekala na centralni nadzorni enoti, razen v primeru zahtevka za popolnoma nepričakovano funkcijo.

Komunikacija med centralno nadzorno enoto in mikrokontrolerjem Arduino poteka po UDP standardu preko lokalnega omrežja. Vse naprave so povezane preko LAN omrežja.



Slika 28: Princip nadzora preko spletne strani in protokola UDP

6 NADGRADNJA V PRIHODNOSTI

Ker se projekt počasi bliža h koncu pogledajmo še par možnosti za nadgradnjo sistema v prihodnosti, na katere sva pomislila. Kot prva možnost nadgradnje naj omenim nadzor ogrevanja prostorov. S tem bi lahko podrobneje nadzorovali energijsko porabo prostorov in v sodelovanju z kupolami zagotovili boljšo kakovost zraka v prostorih. Druge možnosti so večinoma programske, kot je postavitve spletne strani na kateri bi lahko videli kakšno je stanje kupole, kdaj je bila kupola nazadnje odprta oziroma zaprta in kaj je bil razlog spremembe. Spletna stran bi prikazovala še temperaturo v prostoru in v primeru dežja ali vetra opozorila uporabnika o neugodnih vremenskih razmerah. Spletna stran bi imela poseben zavihek z zaščitenim dostopom samo za administratorje z uporabo uporabniškega imena in gesla. Ko bi se uporabnik prijavil na spletno stran bi imel možnost odpiranja in zapiranja kupole. Vsa dejanja uporabnikov na spletni strani bi se iz varnostnih razlogov shranjevala. Kot zadnjo nadgradnjo v prihodnosti naj omeniva še možnost vgradnje celotnega sistema v druge prostore na šolskem centru Celje ko se bo končan in preizkušen sistem izkazal za zanesljivega in uporabnega.



Slika 29: Pripravljani na nadaljnje delo

7 UGOTOVITVE

Na začetku sva postavila štiri hipoteze. Med izdelovanjem raziskovalne naloge sva potrdila naslednje hipoteze:

- Kakovost zraka je brez aktivnega nadzora slabša
- Aktiven nadzor mikroklimе z mikrokrmilnikom Arduino bo bistveno izboljšal kakovost zraka v prostoru
- Aktiven nadzor z mikrokrmilnikom Arduino bo izboljšal tudi varnost opreme in infrastrukture

Hipotezi sta se glede na meritve temperature zraka v prostoru pred in po vgradnji sistema izkazali za pravilni. Aktiven nadzor mikroklimе in s tem aktiven nadzor kupol v prostoru pripomore k večji varnosti infrastrukture saj sistem v primeru padavin ali vetra zapre kupole in prepreči nastanek morebitne škode.

Naslednje hipoteze trenutno ne moreva zagotovo potrditi, glede na izkušnje, pridobljene pri izdelavi te raziskovalne naloge, pa lahko sklepava da tudi ta hipoteza drži:

- Za še boljši nadzor nad mikroklimo bi bil potreben nadzor tudi nad ogrevalnim sistemom

Meniva, da bi aktiven nadzor gretja še dodatno prinesel k večji kakovosti zraka v prostoru, k večjemu udobju v prostoru in večji energetski učinkovitosti.

8 ZAKLJUČEK

Za to raziskovalno nalogo je bilo potrebno veliko znanja in poznavanje večih programskih jezikov. Potrebno je bilo dobro znanje programiranja mikrokrmilnikov Arduino in pisanje Python programov. Ker je v načrtih za nadgradnjo izdelava spletne strani je potrebno tudi poznavanje HTML jezika.

9 IZJAVA

IZJAVA*

Mentor (-ica) Andrej Grilc, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi naslovom Nadzor mikroklimne v prostoru s mikrokrmilnikom Arduino katere avtorji (-ice) so Andraž Špan, Rok Lešnik, _____ :

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo (-ičino) dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje

Celje, 7.3.2018

žig šole

Podpis mentorja(-ice)

Podpis odgovorne osebe

*

POJASNILO

V skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja(-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja(-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor(-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.