

ŠOLSKI CENTER VELENJE
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA

**AVTOMATIZIRAN NADZOR MIKROKLIME KOT PRISPEVEK K
TRAJNOSTNEMU UČNEMU OKOLJU**

Tematsko področje: ELEKTROTEHNIKA, ELEKTRONIKA IN ROBOTIKA

Avtorja:
Jernej Glažar, 3. letnik
Anej Alt, 3. letnik

Mentorica:
Maja Glušič, dipl. inž. el. (UN)

Velenje, 2026

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Elektro in računalniški šoli.

Mentorica: Maja Glušič, dipl. inž. el. (UN)

Datum predstavitve: marec 2026

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD: ŠC Velenje ERŠ, šolsko leto 2025/2026

KG: Naprava za nadzor mikroklimе v razredu

AV: Glažar, Jernej

AV: Alt, Anej

SA: Glušič, Maja

KZ: 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA: ŠC Velenje, ERŠ

LI: 2026

IN: AVTOMATIZIRAN NADZOR MIKROKLIME KOT PRISPEVEK K
TRAJNOSTNEMU UČNEMU OKOLJU

TD: Raziskovalna naloga

OP: 41 strani, 26 slik, 3 tabele, 1 diagram, 1 priloga

IJ: SL

JI: sl/en

AI: V raziskovalni nalogi smo preučevali vpliv mikroklimе in osvetlitve v učilnici na počutje, zbranost in delovno učinkovitost dijakov pri pouku elektronike. Pri dejavnostih, kot sta spajkanje in sestavljanje vezij, so ustrezni pogoji ključni za natančnost, varnost in zmanjšanje napak ter za ustvarjanje varnega učnega okolja. Z merilnikom mikroklimе smo spremljali temperaturo, vlažnost, koncentracijo plinov in svetlobo med poukom. Ob polni učilnici in zaprtih oknih se je kakovost zraka hitro poslabšala, kar je zmanjšalo koncentracijo in povečalo utrujenost. Po prezračevanju so se pogoji izboljšali in počutje dijakov je bilo boljše. Na podlagi meritev smo zasnovali modularno napravo za nadzor mikroklimе na platformi Arduino. Sistem omogoča dodajanje senzorjev glede na potrebe prostora in vključuje senzorje svetlobe, temperature, vlage in plinov, LED trak ter prikazovalnik. LED trak deluje kot diskreten signal za prezračevanje, brez motenja pouka, prikazovalnik pa izpisuje meritve. Naloga povezuje tehniko, zdravje in delovno okolje ter prispeva k razvoju učinkovitega in trajnostnega učnega prostora. Dodatno smo ocenili uporabniško izkušnjo sistema in njegovo praktičnost v vsakodnevem pouku. Dijaki so napravo zaznali kot koristno podporo pri delu, saj omogoča boljše razumevanje vpliva okolja na zbranost. Rešitev je cenovno dostopna, prilagodljiva in primerna za širšo uporabo v izobraževalnih ustanovah, kjer lahko prispeva k bolj zdravemu učnemu okolju.

KEY DOCUMENTATION INFORMATION

ND: School center Velenje electrical and computer school, school year 2025/2026

CX: Device for Monitoring Classroom Microclimate

AU: Glažar, Jernej

AU: Alt, Anej

AA: Glušič, Maja

PP: 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB: School center Velenje electrical and computer school

PY: 2026

TI: AUTOMATED MICROCLIMATE CONTROL AS A CONTRIBUTION TO A SUSTAINABLE LEARNING ENVIRONMENT

DT: Research work

NO: 41 pages, 26 pictures, 3 tables, 1 diagram, 1 appendix

LA: SL

AL: sl/en

AB: In our research paper, we examined the impact of classroom microclimate and lighting on students' well-being, concentration, and work efficiency during electronics lessons. In activities such as soldering and circuit assembly, appropriate conditions are crucial for precision, safety, reducing errors, and creating a safe learning environment. Using a microclimate measuring device, we monitored temperature, humidity, gas concentration, and light levels during lessons. When the classroom was full and the windows were closed, air quality deteriorated quickly, which reduced concentration and increased fatigue. After ventilation, the conditions improved and the students' well-being increased. Based on the measurements, we designed a modular microclimate monitoring device built on the Arduino platform. The system allows additional sensors to be added according to the needs of the space and includes light, temperature, humidity, and gas sensors, an LED strip, and a display. The LED strip functions as a discreet signal for ventilation without disrupting the lesson, while the display shows real-time measurements. The project connects technology, health, and the working environment, contributing to the development of an efficient and sustainable learning space. Additionally, we evaluated the user experience of the system and its practicality in everyday teaching. Students perceived the device as useful support in their work, as it helps them better understand the impact of the environment on concentration. The solution is affordable, adaptable, and suitable for wider use in educational institutions, where it can contribute to a healthier learning environment.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Pregled trga	2
1.1.1	BUSCH-JAEGER ELEKTRO GMBH	2
1.1.2	Touch Pure Flex 24V CO2 Air Signal White.....	3
1.1.3	Jung SP0081U.....	4
2	HIPOTEZE.....	5
3	CILJ.....	5
4	MATERIALI.....	6
4.1	Ideja projekta in preizkušanje komponent.....	7
4.2	Krmilni modul Arduino.....	8
4.3	Opis senzorja temperature in vlage	11
4.3.1	Prikjučitev na mikrokrmilnik Arduino	11
4.4	Opis zaslona Nextion	12
4.4.1	Priključitev na mikrokrmilnik	13
4.5	5.5 Opis MQ-135 senzor nevarnih plinov	13
4.6	Fotoupor	15
4.7	LED trak.....	16
5	POTEK RAZISKOVANJA IN METODOLOGIJA	17
5.1	Opravljanje meritev.....	17
5.2	Izvedba elektronskega vezja.....	19
5.3	Izbira optimalnih parametrov	20
5.4	Izvedba programske kode.....	22
5.5	Končna montaža.....	23
6	REZULTATI.....	25
6.1	Cena in nabava	26
7	RAZPRAVA	27

8	ZAKLJUČEK IN SMERNICE ZA NADALJNJE DELO	28
9	VIRI IN LITERATURA	29
10	ZAHVALA	29
11	PRILOGE.....	30
11.1	Program.....	30

KAZALO SLIK

SLIKA 1 BUSCH JAEGER ELEKTRO GMBH	2
SLIKA 2LEVOIT CLASSIC 300S HUMIDIFIER (VLAŽILNIK ZRAKA)	3
SLIKA 3 JUNG SP0081U	4
SLIKA 4 MERILNIK MIKROKLIME (METREL POLY).....	6
SLIKA 5MIKROKRMILNIK ARDUINO UNO	8
SLIKA 6POVEZOVALNE ŽICE	8
SLIKA 7SENZOR TEMPERATURE IN VLAGE DHT11	9
SLIKA 8NAPAJALNIK XLG-200-24-A	9
SLIKA 9ZASLON NEXTION	9
SLIKA 10LED TRAK	9
SLIKA 11TRANZISTOR IRLZ44NPBF.....	10
SLIKA 12MQ-135 SENZOR PLINOV	10
SLIKA 13FOTOUPOR	10
SLIKA 14VEZAVA SENZORJA DHT11 NA ARDUINO UNO	11
SLIKA 15PRAKTIČNA VEZAVA SENZORJA DHT11	12
SLIKA 16VEZAVA NEXTION MONITORJA Z ARDUINO UNO.....	13
SLIKA 17MQ-135 SENZOR NEVARNIH PLINOV	14
SLIKA 18VEZAVA FOTOUPORA Z MIKROKRMILNIKOM ARDUINO	15
SLIKA 19VEZAVA LED TRAKU	16
SLIKA 20MERITVE MIKROKLIME V PREZRAČENI UČILNICI, BREZ DODATNE LED OSVETLITVE.....	17
SLIKA 21MERITEV MIKROKLIME V UČILNICI PO 45 MINUTAH BREZ ZRAČENJA, BREZ DODATNE LED OSVETLITVE.....	18
SLIKA 22IZGLED PROTOTIPA	19
SLIKA 23 POVEZANI ELEKTRONSKI ELEMENTI.....	23
SLIKA 24 MONTAŽA	24
SLIKA 25 SHEMA POSTAVITEV KOMONENT	24
SLIKA 26 IZVEDENE MERITVE MIKROKLIME PO NAMEŠČENI RAZSVETLJAVI IN PREZRAČENI UČILNICI	25

KAZALO TABEL

TABELA 1 TABELA KVALITETE ZRAKA	21
TABELA 2 TABELA PRIMERNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV	21
TABELA 3 KOSOVNICA	26

KAZALO GRAFA

DIAGRAM 1 DIAGRAM POTEKA	22
--------------------------------	----

1 UVOD

Sva dijaka 3. letnika Elektro in računalniške šole v Velenju. Pri svojem izobraževanju se še posebej veseliva praktičnega pouka in vaj, saj nama omogočajo, da teoretično znanje povezujeva s praktičnim delom in pri tem pridobivava številne nove izkušnje. Prav pri tem pa sva opazila težavo, ki bistveno vpliva na kakovost dela v učilnici.

Na učnih mestih pogosto spajkamo in povezujemo elektronska vezja, zato je ustrezna osvetlitev ključnega pomena za natančno in varno delo. Zaradi pomanjkljive osvetlitve je delo manj natančno, hkrati pa povzroča hitrejšo utrujenost oči. Poleg tega sva opazila tudi slabšo kakovost zraka v učilnici, kar dodatno zmanjšuje zbranost in delovno učinkovitost pri praktičnem pouku. Meniva, da se s podobnimi težavami srečujejo tudi drugi dijaki, zato se nama zdi smiselno poiskati ustrezno tehnično rešitev, ki bi izboljšala pogoje za delo v učilnici.

Na podlagi teh opažanj sva se odločila razviti sistem, ki bi izboljšal osvetlitev delovne površine ter omogočil nadzor kakovosti zraka in temperature v učilnici. Rešitev temelji na krmilnem vezju Arduino Uno in različnih senzorjih, s pomočjo katerih bi bilo mogoče spremljati in uravnavati pogoje v prostoru.

Kot nadgradnjo projekta si želiva omogočiti spremljanje stanja v učilnici preko mobilnega telefona, izdelati avtomatski prezračevalni sistem ter omogočiti daljinsko krmiljenje celotnega sistema. S tem bi izboljšala pogoje za delo, povečala udobje v učilnici in hkrati pokazala praktično uporabo znanja s področja elektrotehnike, sensorike in mikrokrmilniških sistemov.

1.1 PREGLED TRGA

1.1.1 BUSCH-JAEGER ELEKTRO GMBH

KNX sobni regulator temperature s senzorjem CO₂ podjetja Busch-Jaeger meri ogljikov dioksid v zraku ter tudi zračno vlago, zračni tlak in temperaturo. Vse štiri vrednosti so prikazane na zaslonu.

Zgornje in spodnje mejne vrednosti za CO₂ in zračno vlago je mogoče nastaviti z ustrežno aplikacijo. Če je mejna vrednost ogljikovega dioksida presežena, se prikaz na zaslonu spremeni iz bele v rdečo.

Sobni regulator temperature je opremljen z vgradnim univerzalnim vhodom, ki ima do pet brezpotencialnih binarnih vhodnih priključkov; po želji se lahko eden uporablja kot analogni vhod, dva pa se lahko uporabita za priklop temperaturnega senzorja.



Slika 1 BUSCH JAEGER ELEKTRO GMBH

Vir: <https://www.busch-jaeger.de/en/products/knx-room-temperature-controller-with-touch-sensor>

1.1.2 Touch Pure Flex 24V CO2 Air Signal White

Eno izmed podjetij, ki sva jih našla med najinim raziskovanjem, je LONEX s svojim izdelkom **Loxone Touch**. Ta predstavlja osnovo za trajnostni nadzor klime v zaprtih prostorih. Integrirani senzorji merijo temperaturo, koncentracijo CO₂ in vlažnost ter zagotavljajo natančne podatke za inteligentno upravljanje sistemov HVAC.

Žal pa izdelek cenovno ni najbolj dostopen – sam zaslon na dotik stane približno 259 €. Poleg tega je dobavni rok daljši, saj je vsak model izdelan po meri posameznega naročnika, zato ga ni mogoče zamenjati ali vrniti.



Slika 2Levoit Classic 300S Humidifier (vlažilnik zraka)

Vir: <https://shop.loxone.com/enen/product/100614-touch-pure-flex-24v-co2-air-white>

1.1.3 Jung SP0081U

Najin izdelek je podoben izdelku **Smart Panel 8** podjetja **JUNG**. Gre za napreden zaslon na dotik, ki omogoča vizualizacijo sistema KNX brez potrebe po dodatnem strežniku. Smart Panel 8 ponuja celovite možnosti za intuitivno in pregledno upravljanje celotnega KNX sistema, s poudarkom na sodobnem dizajnu in enostavni uporabi.

Vendar pa je ta pametni zaslon cenovno precej zahteven, saj njegova cena znaša približno 855,63 €.



Slika 3 Jung SP0081U

Vir: https://www.idealo.de/preisvergleich/OffersOfProduct/201769523_-sp0081u-albrecht-jung-gmbh-co-kg-schalter-thermostate.html

2 HIPOTEZE

Na začetku raziskovanja smo si zastavili naslednje hipoteze:

1. hipoteza:

Boljša razsvetljava pozitivno vpliva na natančnost dela.

Preverjanje 1. hipoteze:

Delovne mize smo dodatno osvetlili z LED trakom. Ugotovili smo, da je bila ob boljši osvetlitvi izvedba nalog natančnejša, delo pa manj naporno za oči, kar je pripomoglo k večji zbranosti med praktičnim poukom.

2. hipoteza:

Boljša kakovost zraka v učilnici zmanjšuje zaspanost dijakov.

Preverjanje 2. hipoteze:

S pomočjo senzorja za spremljanje mikroklima smo ugotovili, da redno prezračevanje učilnice na približno 45 minut zagotavlja boljšo kakovost zraka skozi celoten pouk. Dijaki so bili med delom bolj zbrani in manj zaspani, kar je pozitivno vplivalo na delovno učinkovitost.

3 CILJ

Cilji projekta so ustvariti prilagodljivo in energetske učinkovito razsvetljava v učilnici z uporabo LED traku. Razviti sistem za samodejno prilagajanje moči svetlobe glede na naravno svetlobo v prostoru, ki jo zaznava LDR senzor. Omogočiti ročni nadzor nad močjo svetlobe LED traku, da se osvetlitev lahko prilagodi različnim potrebam uporabnikov. Vključiti možnost menjave barve LED traku za prilagoditev razpoloženja in funkcionalnosti prostora. Izboljšati vidljivost in delovne pogoje za dijake z boljšo osvetlitvijo delovne površine ter zmanjšati porabo energije s samodejnim vklopom in izklopom LED traku glede na svetlobne pogoje v učilnici.

Cilj raziskovalne je tudi ustvariti sistem, ki nadzoruje kvaliteto zraka in ob odstopanjih od optimalnih prednostih diskretno opozori, da prezračimo učilnico.

4 MATERIALI

Za izdelavo raziskovalne naloge je bilo najprej potrebno izbrati in pripraviti učilnico, v kateri smo spremljali pogoje dela pri vajah elektronike. Za merjenje mikroklimatskih razmer v prostoru smo potrebovali namenski merilnik mikroklimе Metrel Poly.

Za izboljšanje osvetlitve delovnih mest smo uporabili LED trak, nameščen nad delovnimi površinami in aluminijaste kanale za samo namestitvev traku. Krmiljenje LED traku ter obdelavo podatkov senzorjev smo izvedli s krmilnim modulom Arduino Uno, ki je predstavljal osrednji del sistema. Za vizualno opozarjanje na poslabšano kakovost zraka smo LED trak uporabili tudi kot signalni element. Za zajem podatkov o temperaturi in vlagi smo uporabili senzor DHT 11, za zaznavanje poslabšane kakovosti zraka smo uporabili Co2 senzor MQ-135, svetlobo smo zaznavali s fotouporom. Za krmiljenje LED traku pa smo uporabili bipolarne tranzistorje IRLZ44.

Za spremljanje izmerjenih vrednosti smo uporabili prikazovalnik Nextion, ki omogoča sproten prikaz temperature, vlažnosti, kakovosti zraka in osvetlitve. Sistem smo povezali z osebnim računalnikom, kjer smo razvili in naložili programsko kodo za delovanje sistema.



Slika 4 Merilnik mikroklimе (Metrel Poly)

4.1 IDEJA PROJEKTA IN PREIZKUŠANJE KOMPONENT

Naša ideja, je bila zasnovati elektronski sistem, ki omogoča nadzor mikroklima v učilnici.

Kot osrednji krmilni element sistema smo uporabili mikrokrmilnik Arduino Uno, na katerega smo priključili posamezne senzorje. Za merjenje temperature in vlažnosti zraka smo uporabili digitalni senzor temperature in vlažnosti DHT11. Kakovost zraka smo spremljali s plinskim senzorjem MQ-135, osvetljenost prostora pa z fotoresistorjem.

Za dodatno osvetlitev delovnih mest smo uporabili LED trak, ki je bil krmiljen preko tranzistorjev, saj neposredni izhod mikrokrmilnika ne omogoča dovolj velikega toka. LED trak smo uporabili tudi kot signalni element – ob preseženi mejni vrednosti kakovosti zraka se njegova barva spremeni v rdečo in tako opozori dijake na potrebo po prezračevanju učilnice.

Izmerjene vrednosti smo prikazovali na LCD prikazovalniku, ki omogoča pregled nad temperaturo, vlažnostjo, kakovostjo zraka in osvetlitvijo. Celoten sistem je napajan preko 5 V in 12 V napajalnika, odvisno od potreb posameznih komponent.

Posamezne elektronske komponente smo najprej testirali ločeno, nato pa še v povezavi v celoto. Po uspešnem testiranju smo sistem sestavili v celoto in preverili njegovo delovanje v realnem učnem okolju.

4.2 KRMILNI MODUL ARDUINO

Za krmiljenje sistema v raziskovalni nalogi smo uporabili mikrokrmilnik Arduino Uno. Mikrokrmilnik služi kot osrednji nadzorni element, ki prejema podatke iz senzorjev (temperature, vlažnosti, svetlobe in kakovosti zraka), jih obdela in na podlagi teh podatkov upravlja delovanje sistema, na primer LED trak za osvetlitev in prikazovalnik meritev.

Arduino služi kot vmesnik med senzorji in izvršilnimi elementi, je cenovno dostopen, enostaven za programiranje in omogoča hitro testiranje ter nadgradnje sistema. Zaradi tega je dobra rešitev za projekt, kjer želimo nadzorovati več parametrov učilnice in to prikazovati na zaslonu.



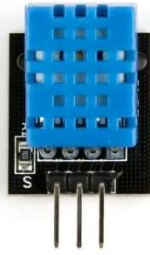
Slika 5 Mikrokrmilnik Arduino Uno

Vir: <https://mamaseh.blogspot.com/2018/10/mengenal-arduino-uno.html>



Slika 6 Povezovalne žice

Vir: <https://cnc-centar.ba/proizvod/arduino-jumper-zice-m-m-dupont-20-cm/>



Slika 7 Senzor temperature in vlage DHT11

Vir: <https://projecthub.arduino.cc/efatheone/using-dht-11-sensor-with-8-pin-oled-display-447154>



Slika 8 Napajalnik XLG-200-24-A

Vir: <https://meanwell.si/konstantna-napetost/2607-xlg-200-24-a-mean-well.html>



Slika 9 zaslon Nextion

Vir: <https://novatronicec.com/index.php/product/pantalla-oled-lcd-1-3/>



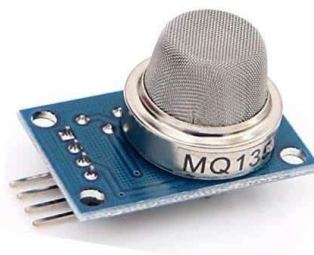
Slika 10 LED trak

Vir: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2030572339-fita-led-endercavel-5-metros-ws2811-12v-300-leds-ip67-_JM



Slika 11 Tranzistor IRLZ44NPBF

Vir: <https://nikkoe.com/irfb7446pbf-transistor-n-channel-mosfet-120-a-40-v-to-220-uk-company-nikko-9.html>



Slika 12 MQ-135 senzor plinov

Vir: <https://svet-el.si/trgovina/razvojna-orodja/arduino/mq-135-senzor-nevarnih-plinov/>



Slika 13 Fotoupor

Vir: <https://www.3dsvet.eu/izdelek/fotoupor-ldr/>

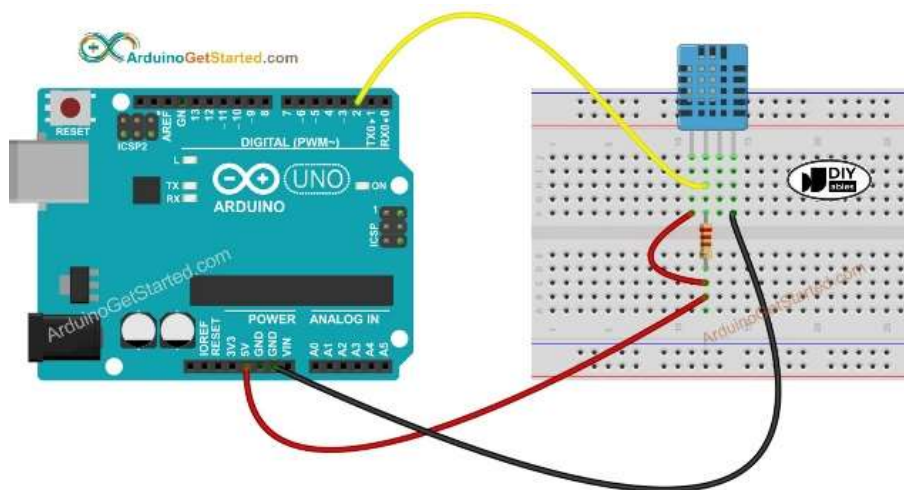
4.3 OPIS SENZORJA TEMPERATURE IN VLAGE

Senzor DHT11 združuje dva ločena senzorja v eni napravi. Prvi senzor meri temperaturo zraka z uporabo elementa z negativnim temperaturnim koeficientom (NTC). Gre za notranji termistor, katerega upornost se z naraščajočo temperaturo zmanjšuje. Senzor zazna to spremembo upornosti, iz nje pa z merjenjem toka izračuna trenutno temperaturo zraka.

Drugi senzor je kapacitivni senzor vlage, ki zaznava spremembe kapacitivnosti med senzorjem in zrakom. Ko se količina vlage v zraku poveča, se spremeni tudi kapacitivnost, kar omogoča senzorju, da izračuna relativno vlažnost zraka.

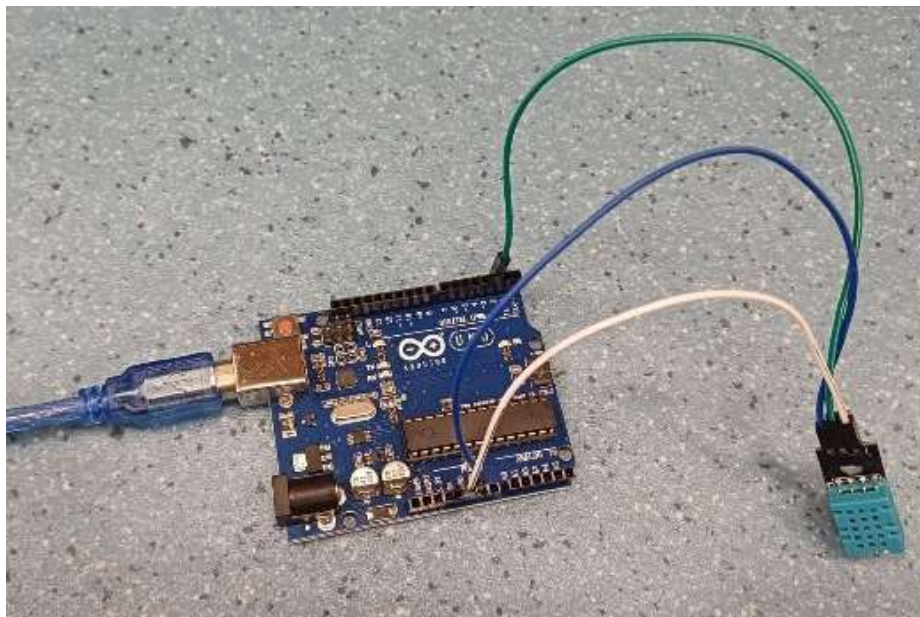
4.3.1 Prikjučitev na mikrokrmilnik Arduino

Senzor DHT11 ima tri priključke: GND (masa), VCC (+5 V) in data pin (za prenos podatkov). Priključimo ga tako, da GND povežemo na masa pin, VCC na +5 V na Arduino Uno, data pin pa na digitalni vhodni pin mikrokrmilnika.



Slika 14vezava senzorja DHT11 na Arduino Uno

Vir: <https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-dht11>



*Slika 15*praktična vezava senzorja DHT11

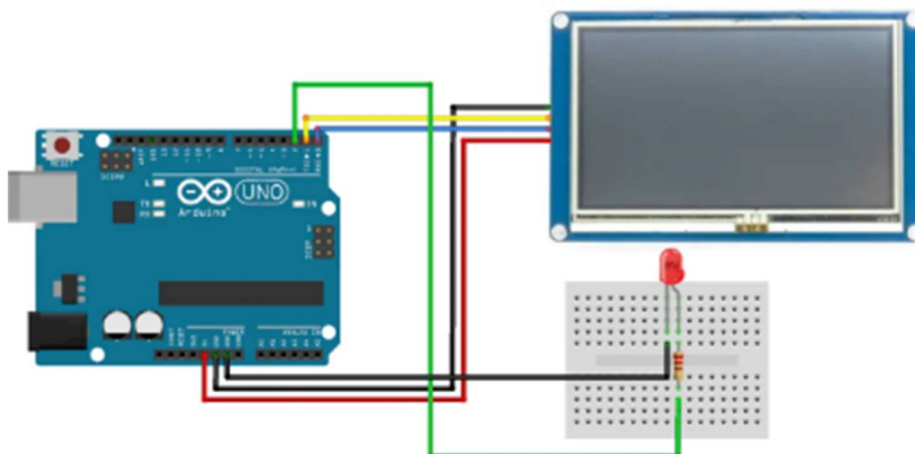
Vir: Jernej Glažar

4.4 OPIS ZASLONA NEXTION

Nextion je zaslon z vgrajenim krmilnikom, ki omogoča samostojno obdelavo grafike in uporabniških vnosov. V notranjosti vsebuje procesor in pomnilnik za prikaz besedila, slik in interaktivnih gumbov, zato se večina grafičnega dela izvaja neposredno na zaslonu. Za komunikacijo z mikrokrmilnikom Arduino uporablja serijsko povezavo (UART).

V naši raziskovalni nalogi smo zaslon uporabili kot interaktivni vmesnik za prikaz meritev mikroklima in osvetlitve v učilnici. Ko se uporabnik dotakne zaslona, zaslon sam zazna dotik in pošlje ustrezne podatke mikrokrmilniku, ki nato izvede ukaz (npr. spremeni osvetlitev LED traku ali prikaže meritve senzorjev). Grafika in gumbi so bili pripravljene v programu Nextion Editor, kar omogoča, da glavni sistem pošilja le enostavne ukaze, zaslon pa sam skrbi za prikaz in interaktivnost.

4.4.1 Priključitev na mikrokrmilnik



Slika 16 Vezava Nextion monitorja z Arduino Uno

Vir: <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/como-usar-pantalla-nextion-con-arduino>

4.5 5.5 OPIS MQ-135 SENZOR NEVARNIH PLINOV

MQ-135 je polprevodniški senzor za zaznavanje kakovosti zraka in prisotnosti različnih škodljivih plinov v okolju. Pogosto se uporablja v izobraževalnih, raziskovalnih in hobi projektih, saj omogoča cenovno ugodno spremljanje onesnaženosti zraka v zaprtih prostorih.

Senzor je občutljiv na več plinov, med drugim na amonijak (NH_3), dušikove okside (NO_x), benzen, alkoholne hlape, dim ter povišane koncentracije ogljikovega dioksida (CO_2). Ker ni selektiven, ne razlikuje natančno med posameznimi plini, temveč zazna skupno spremembo koncentracije plinov v zraku. Deluje na osnovi segrete polprevodniške plasti iz kositrovega dioksida (SnO_2). Ko se koncentracija plinov v zraku spremeni, se spremeni tudi električna upornost senzorja. Ta sprememba se pretvori v analogni ali digitalni izhodni signal, ki ga lahko bere mikrokrmilnik (npr. Arduino). Ob najini raziskavi za izboljšanje kakovosti zraka v učilnici sva pregledovala kakovost zraka s pomočjo PPM (parametra za merjenje koncentracije plinov). PPM pomeni, koliko delcev določenega plina ali onesnaževala je v enem milijonu delcev zraka. Čeprav predstavlja zelo majhno vrednost, je še vedno zelo pomembna, saj plini vplivajo na našo natančnost pri delu in na zdravje.

Ugotovila sva, da so povprečne vrednosti delcev v zraku naslednje:

- ogljikov monoksid: 0,1–20 PPM
- ozon: 0,015–0,1 PPM
- žveplov dioksid: 0,001–0,1 PPM
- dušikov dioksid: 0,001–2 PPM

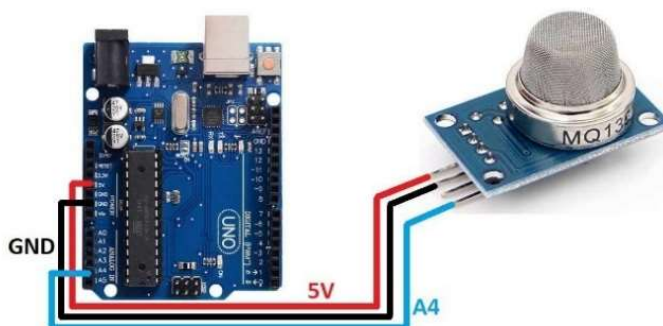
1 PPM pomeni, da od enega milijona molekul zraka le ena pripada plinu, ki ga merimo.

Ko je v zraku 200 PPM ali manj ogljikovega dioksida, je zrak v učilnici svež. Ko vrednost preseže 1200 PPM, se ljudje v učilnici počutijo zaspano, neosredotočeno in slabo. Ko pa preseže 2000 PPM, postane prostor nevaren za zdravje, pogosto ljudje doživljajo glavobole in zmanjšano zmogljivost. Senzor potrebuje stabilno napajanje 5 V in določen čas ogrevanja (približno 24 ur) za doseganje zanesljivejših meritev. Zaradi vpliva temperature in vlage je priporočljiva kalibracija glede na okolje uporabe.

MQ-135 je primeren predvsem za:

- spremljanje kakovosti zraka v zaprtih prostorih,
- osnovne sisteme prezračevanja,
- zaznavanje dima,
- šolske in eksperimentalne projekte.

Gre za cenovno dostopno rešitev za osnovno oceno onesnaženosti zraka, ni pa namenjen profesionalnim ali medicinsko natančnim meritvam.



Slika 17MQ-135 senzor nevarnih plinov

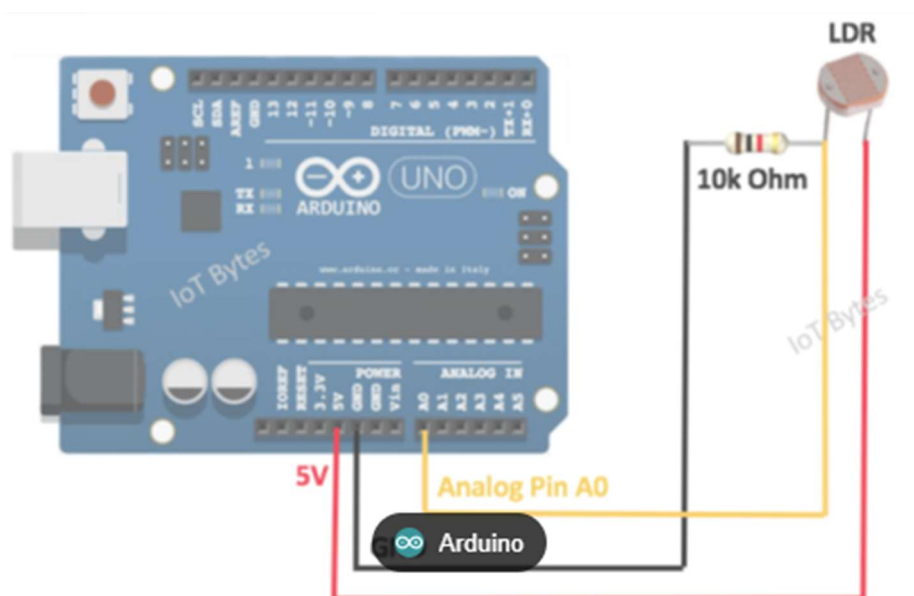
Vir: <https://www.electrovigyan.com/wp-content/uploads/2022/03/MQ135-circuit-1200x628.jpg>

4.6 FOTUPOR

Fotoupor je pasivna elektronska komponenta, katere upornost je odvisna od jakosti svetlobe. Pri večji svetlobi upornost LDR-ja upade, pri manjši svetlobi pa se poveča.

V naši raziskovalni nalogi smo LDR uporabili za merjenje osvetljenosti delovnih mest v učilnici. Na podlagi izmerjene svetlobe sistem prilagaja delovanje LED traku, da zagotovi optimalno osvetlitev na učnem mestu.

Fotoupor smo povezali z Arduino Uno preko delilnika napetosti, kjer je ena stran LDR-ja priključena na +5 V, druga stran pa na analogni vhod Arduina in GND preko upora. Arduino nato bere napetost na analognem vhodu, s pomočjo kode pa jo pretvori v vrednost osvetljenosti in po potrebi prilagodi svetlost LED traku.

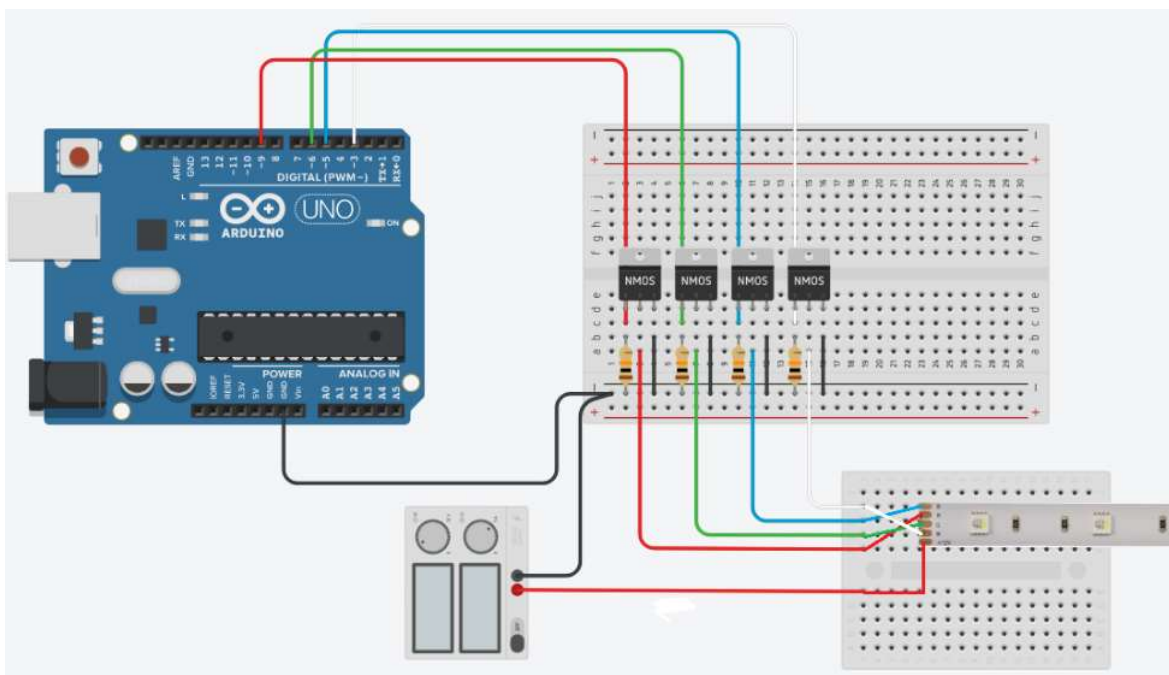


Slika 18Vezava fotoupora z mikrokontrolnikom Arduino

Vir: <https://projecthub.arduino.cc/>

4.7 LED TRAK

V raziskovalni nalogi sva krmilila LED trak s pomočjo Arduino mikrokontrolerja in MOSFET tranzistorjev. Za pravilno delovanje sva na vrata MOSFET-ov dodala 10 k Ω upore, ki skrbijo, da so tranzistorji izklopljeni, dokler Arduino ne pošlje signala. Uporabila sva zunanji 24 V napajalnik za LED trak. Zelo pomembno je bilo, da sva povezala skupno maso (GND) med Arduino in napajalnikom LED traku. Za regulacijo svetlosti sva uporabila PWM pine, saj omogočajo prilagajanje intenzitete posameznih barv. Če bi uporabila navadne digitalne pine, bi lahko LED trak samo vklopila ali izklopila. Napajanje Arduino sva izvedla preko napetostnega vira 5 V. S tem sva zagotovila varno in stabilno napajanje celotnega sistema ter zaščitila elektronske komponente pred poškodbami.



Slika 19Vezava LED traku

Vir: <https://wltid.org/posts/arduino-dmx-to-rgbw-led-with-max485>

5 POTEK RAZISKOVANJA IN METODOLOGIJA

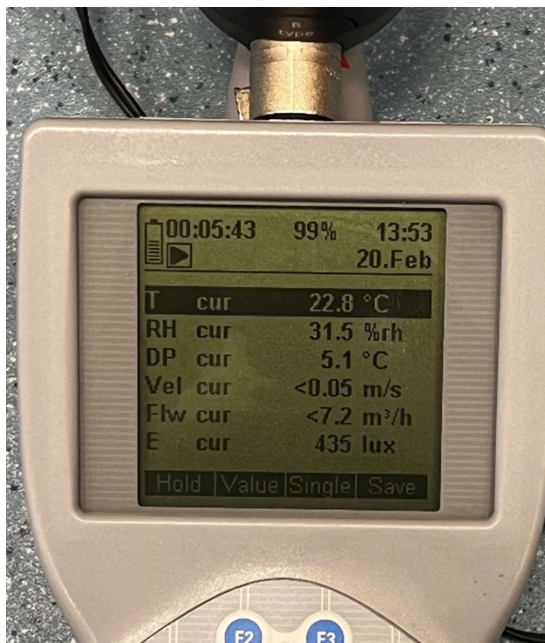
Raziskovanje smo začeli z meritvami mikroklimе v učilnici s pomočjo merilnika Polly, da smo ocenili trenutne pogoje in ugotovili potrebo po sistemu za nadzor mikroklimе. Nato smo posamezne komponente – senzorje, LED trak in mikrokontrolnik Arduino – testirali ločeno, da smo preverili njihovo pravilno delovanje. Po uspešnem testiranju smo vse elemente povezali v enotno elektronsko vezje. Hkrati smo pregledali priporočila za optimalne pogoje mikroklimе, ki zagotavljajo dobro počutje in koncentracijo dijakov, ter na podlagi teh podatkov pripravili programsko kodo za upravljanje sistema.

5.1 OPRAVLJANJE MERITEV

Meritve mikroklimе v učilnici smo izvedli s pomočjo merilnika Metreks Polly, ki omogoča spremljanje temperature, vlažnosti in osvetljenosti. Meritve smo izvedli v dveh pogojih:

1. Prezračena učilnica (ob začetku pouka)

- Temperatura: 22,8 °C
- Vlažnost: 31,5 %
- Osvetljenost: 435 lux



Slika 20 Meritve mikroklimе v prezračeni učilnici, brez dodatne LED osvetlitve

Vir: Jernej Glažar

2. Učilnica po 45 minutah pouka (brez prezračevanja)

- Temperatura: 25,9 °C
- Vlažnost: 76,1 %
- Osvetljenost: 430 lux



Slika 21 Meritev mikroklima v učilnici po 45 minutah brez zračenja, brez dodatne LED osvetlitve

Vir: Jernej Glažar

Opazili smo, da se je temperatura in vlažnost zraka povečala, medtem ko se je osvetljenost nekoliko zmanjšala zaradi senčenja pri polni zasedenosti učilnice. Po 45 minutah pouka so dijaki poročali o zmanjšani zbranosti in hitrejši utrujenosti, kar je skladno z ugotovitvami raziskav, da povišane koncentracije CO₂ in slabša kakovost zraka negativno vplivata na koncentracijo in učinkovitost učenja.

Na podlagi teh rezultatov smo ugotovili, da je redno prezračevanje učilnice ključno za ohranjanje primerne mikroklima, ki zagotavlja optimalno počutje in koncentracijo dijakov med poukom.

5.2 IZVEDBA ELEKTRONSKEGA VEZJA

Elektronske elemente sva po shemah, opisanih v poglavju 4, povezala v funkcionalno celoto. Najprej sva na podlagi načrtovane vezalne sheme pripravila napajalni del sistema, pri čemer sva zagotovila ustrezno ločeno napajanje za LED trak (24 V) in krmilni del z mikrokontrolerjem Arduino (5 V). Izbrati sva morala napajalnik primerne moči za napajanje LED traku. Zato sva opravila izračun moči.

Podatki:

- dolžina LED traku: 10 m
- poraba LED traku: 18 W/m
- napetost: 24 V

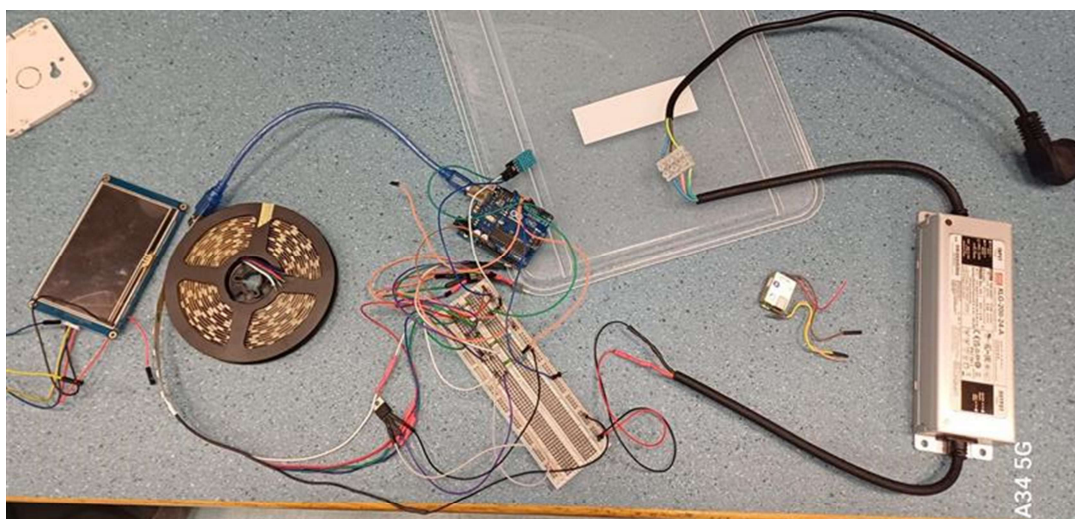
Skupna moč LED traku:

$$P_{SKUPAJ} = L \times P_m = 10 \times 18 = 180 \text{ W}$$

Varnostna rezerva (25%):

$$P_{napajalnika} = 180 \times 1,25 = 225 \text{ W}$$

Za 10 m LED traku z močjo 18 W/m sva izbrala napajalnik z nazivno močjo vsaj 240 W pri 24 V, kar zagotavlja stabilno delovanje, daljšo življenjsko dobo LED traku in napajalnika.



Slika 22izgled prototipa

Vir: Jernej Glažar

V nadaljevanju sva povezala MOSFET tranzistorje, ki omogočajo krmiljenje posameznih barv LED traku z uporabo PWM signalov. Na vrata tranzistorjev sva dodala 10 k Ω upore, ki preprečujejo neželene vklope in zagotavljajo, da so tranzistorji ob zagonu sistema izklopljeni.

Na analogne in digitalne vhode Arduina sva priključila senzorje za merjenje temperature in vlage, kakovosti zraka in osvetljenosti prostora. Vsak senzor sva ustrezno napajala in preverila pravilnost signalnih povezav glede na tehnično dokumentacijo proizvajalca. Po zaključeni vezavi sva izvedla več testiranj posameznih delov.

5.3 IZBIRA OPTIMALNIH PARAMETROV

V programski kodi je bilo potrebno določiti, katere vrednosti parametrov mikroklima štejemo za optimalne, torej ob katerih pogojih je potrebno učilnico prezračiti ali prilagoditi osvetlitev delovnih mest. Pri tem smo upoštevali priporočila mednarodnih in delovnih standardov, ki določajo ustrezne razpone temperature, vlažnosti, osvetlitve in koncentracije CO₂ za delovna okolja. Za temperaturo so priporočene vrednosti med približno 20 °C in 24 °C, saj takšno območje zagotavlja termično udobje brez prevelike utrujenosti ali neugodja. Relativna vlažnost zraka naj bi bila med 40 % in 60 %, kar prispeva k boljšemu počutju in preprečuje prekomerno suhost zraka. Za osvetlitev delovnih mest, kjer se izvajajo natančna dela, kot je spajkanje in sestavljanje majhnih komponent, standardi priporočajo vsaj 500 lux in več, saj višja svetlost povečuje vidljivost in zmanjša obremenitev oči. Koncentracija CO₂ v notranjih prostorih naj ne presega približno 1000 ppm, pri čemer nižje vrednosti pomenijo boljše pogoje za koncentracijo ter kognitivno zmogljivost. Te standardne meje smo vključili v programsko logiko sistema — ko katerega od parametrov preseže določen prag, sistem aktivno opozori na potrebo po prezračevanju ali prilagajanju osvetlitve, s čimer želimo zagotoviti kakovostne pogoje za delo in učenje v učilnici.

Tabela 1 Tabela kvalitete zraka

TABELA KVALITETE ZRAKA		
PIKTOGRAMI	UČINKI	CO ₂ [PPM]
	NEVATNO ZA ZDRAVJE	5000
	NEGATIVNE POSLEDICE ZA ZDRAVJE	2000
	POTREBNO ZRAČENJE	1200
	PRIPOROČENO ZRAČENJE	1000
	SPREJEMLJIVO	800
	ZDRAVO ZA ZNOTRAJ HIŠE	600
	ZDRAVO ZA ZUNAJ	350

Tabela 2 Tabela primerne osvetljenosti prostorov

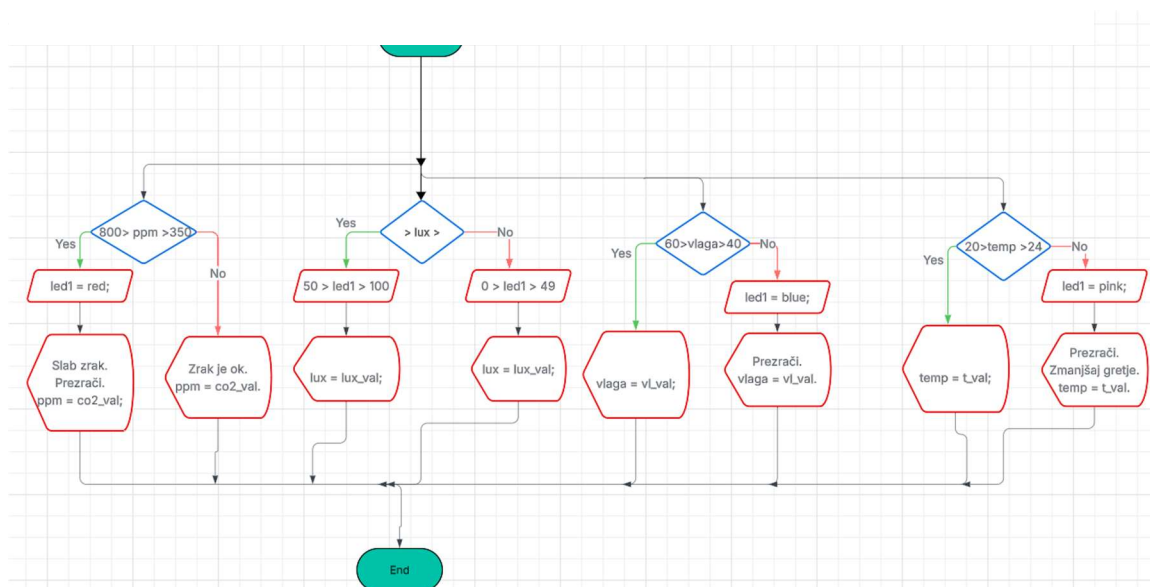
TABELA OSVETLJENOSTI PROSTOROV		
PROSTOR	OSVETLJENOST [FC]	LUX
UČILNICA	30-50	300-500
KNJIŽNICA	30-50	300-500
TRGOVINA	20-50	200-500
SKLADIŠČE	5-20	50-200
JEDILNICA	20-30	200-300
KONFERENČNA SOBA	30-50	300-500
POSLOVNI PROSTOR	30-50	300-500
STRANIŠČE	10-30	100-300
HODNIK	5-10	50-100

5.4 IZVEDBA PROGRAMSKE KODE

Programsko kodo sva zasnovala tako, da se ob zagonu sistema najprej inicializirajo vsi uporabljeni senzorji, komunikacija z Nextion zaslonom in PWM izhodi za krmiljenje LED traku. Po inicializaciji sistem gre v glavno zanko, v kateri izvaja meritve in preverja stanje mikroklimе. V vsakem ciklu delovanja program najprej prebere vrednosti temperature in vlage, koncentracije plinov in osvetlitev prostora. Izmerjene podatke sproti izpisuje na serijski monitor in jih hkrati prikazuje na Nextion zaslonu, kar omogoča stalno spremljanje pogojev v učilnici. Nato programska koda primerja izmerjene vrednosti z vnaprej določenimi pogoji. Če temperatura, vlaga ali koncentracija plinov presežejo ali pa padejo pod nastavljene meje, gre sistem v opozorilni način delovanja. V tem primeru se LED trak obarva rdeče. V primeru prenizke osvetlitve delovne površine program samodejno vklopi LED trak v svetlo beli barvi in tako zagotovi ustrezne svetlobne pogoje za delo. Svetloba se prilagaja glede na izmerjeno vrednost senzorja svetlobe. Kadar so vse izmerjene vrednosti znotraj nastavljenih normalnih mej, sistem deluje v običajnem načinu. LED trak se takrat lahko uporablja kot dodatna osvetlitev ali za ustvarjanje prijetnejšega ambienta v prostoru.

Celotna logika delovanja je prikazana v diagramu poteka, ki ponazarja meritve, primerjavo z mejnimi vrednostmi in odločanje o delovanju in barvah LED traku.

Diagram 1 Diagram poteka

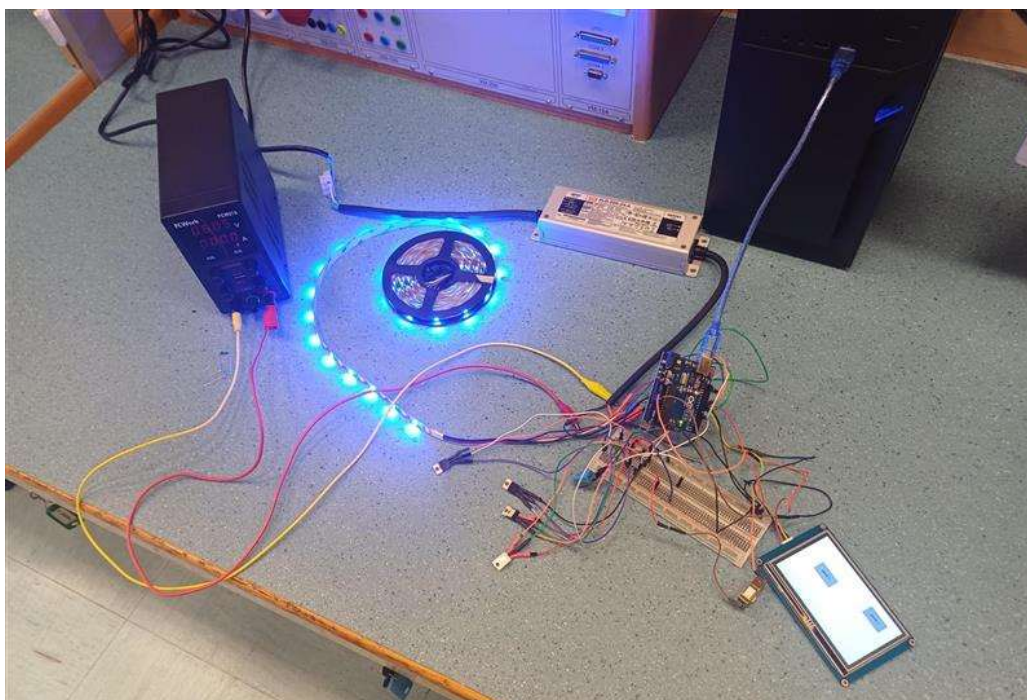


5.5 KONČNA MONTAŽA

Mikrokrmilnik Arduino Uno, napajalnik in Nextion zaslon sva namestila v delovno mizo, kjer so komponente zaščitene pred mehanskimi poškodbami in hkrati enostavno dostopne za vzdrževanje ter nadgradnjo sistema.

Senzor temperature in relativne vlage sva namestila na višino približno 2 metra, na začetku učilnice, na desni strani (kot je razvidno s slike). Izbrana višina in lokacija omogočata merjenje pogojev v prostoru, saj senzor ni neposredno izpostavljen vplivu posameznih delovnih mest, virov toplote ali oknu.

LED-trak sva pritrdila nad vse delovne mize s pomočjo aluminijastih profilov, ki zagotavljajo mehansko stabilnost, boljše odvajanje toplote in lep videz. Takšna namestitvev omogoča enakomerno osvetlitev delovne površine.



Slika 23 Povezani elektronski elementi

Vir: Jernej Glažar



Slika 24 Montaža

Vir: Maja Glušič



Krmilnik Arduino Uno,
napajalnik, ter Nextion
monitor

Slika 25 Shema postavitev komponent

Vir: Jernej Glažar

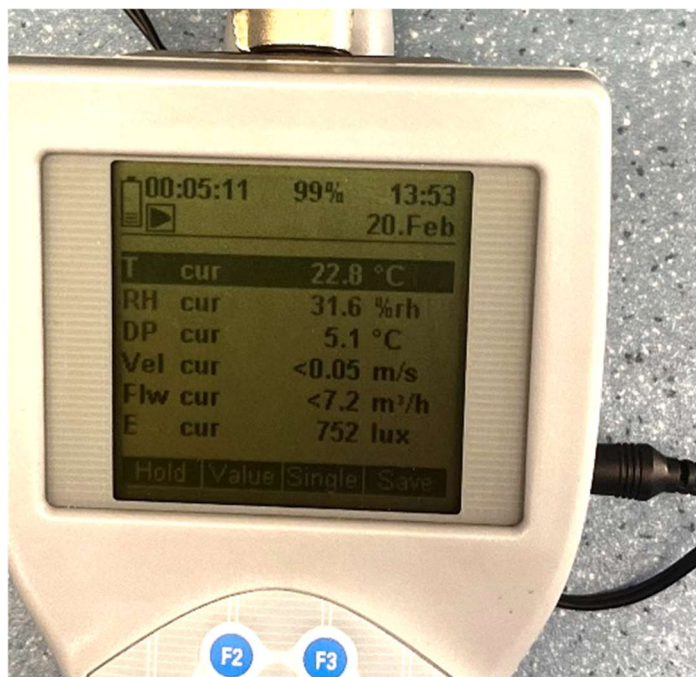
6 REZULTATI

V okviru raziskovalne naloge sva razvila energetsko in stroškovno učinkovit modularni sistem za spremljanje mikroklima v učilnici, kjer se izvajajo vaje s področja elektronike. V prostoru dijaki pogosto povezujejo elektronska vezja, spajkamo in izvajamo praktične meritve, zato je ustrezna mikroklima zelo pomembna.

Izdelani sistem zanesljivo meri izbrane parametre mikroklima in ob odstopanjih ustrezno reagira. Opozorila so izvedena z diskretnim barvnim signaliziranjem LED traku, kar med poukom omogoča zaznavanje neustreznih razmer brez motečih zvočnih signalov. Hkrati so vse vrednosti prikazane na zaslonu.

Pomembna prednost sistema je njegova modularnost. Napravo je mogoče nadgraditi z dodatnimi senzorji za spremljanje drugih okoljskih dejavnikov. Takšna zasnova omogoča prilagodljivost različnim učnim okoljem in potrebam uporabnikov.

Po zaključeni montaži sva izvedla ponovne meritve mikroklima in osvetlitve. Pri prezračeni učilnici ter ob vključeni dodatni LED osvetlitvi znaša osvetlitev delovne površine 752 lux. Kar je izboljšanje v primerjavi z meritvami na začetku raziskovanja. S tem sva zagotovila ustrežnejše pogoje za natančno delo z elektronskimi komponentami.



Slika 26 Izvedene meritve mikroklima po nameščeni razsvetljavi in prezračeni učilnici

6.1 CENA IN NABAVA

Tabela 3Kosovnica

Komponenta	Cena (€) + vir
Arduino Uno	6,85 set r3 development board 328 340g enclosure - Temu Slovenia
2m Pokrov za S profil – MLEČEN 50 % SLIP	4 * 5 = 10 https://www.inled.si/alu_profili_za_led_trakove/nadgradni_alu_profili_za_led_trak/50-mlecen-slide-m
5m LED trak RGBW 24V-DNEVNA BELA V1.o	24,50 * 2 = 49 https://www.inled.si/led_trakovi/led_trakovi_standard/lineacob-rgbw-dnevna-bela-led-trak
Tranzistor IRLZ44NPBF	1,62 * 4 = 6,48 https://sk.farnell.com/infineon/irlz44npbf/mosfet-n-ch-55v-47a-to-220ab/dp/8651418?utm_source=chatgpt.com
Nextion zaslon NX4827T043_11	60 https://www.inled.si/alu_profili_za_led_trakove/alu-profili-nadgradni-slim-s/alu-profil-slim-s-paket
24V XLG-200 napajalnik	52 https://www.inled.si/led_trakovi/napajalniki/xlg-200
MQ-135 senzor nevarnih plinov	5,90 https://www.inled.si/alu_profili_za_led_trakove/alu-profili-nadgradni-slim-s/alu-profil-slim-s-paket
Zaključek SLIM S SIVI	0,30 * 2 = 0,60 https://www.inled.si/alu_profili_za_led_trakove/alu-profili-nadgradni-slim-s/slim-s-zakljucek
Nosilec za profil SLIM S - SREBRNI (CONE S)	0,30 * 20 = 6 https://www.inled.si/alu_profili_za_led_trakove/alu-profili-nadgradni-slim-s/nosilec-srebrni-slim-s
2m ALU profil SLIM S - SREBRNI	4,80 * 5 = 24 https://www.inled.si/alu_profili_za_led_trakove/alu-profili-nadgradni-slim-s/alu-profil-slim-s-paket
Arduino povezovalne žice	1,29 20pin 30cm jumper wire line male male female male - Temu Slovenia

Vse skupaj: 225,32 €. Cena elektronika (brez montaže, LED traku in napajalnika): 81 €.

7 RAZPRAVA

Ta izdelek sva zasnovala z namenom, da bi bile ure v učilnicah čim bolj primerne za pouk in posledično tudi bolj učinkovite.

Izdelek bistveno izboljša vzdušje in delovne pogoje. Meniva tudi, da bi se najin izdelek lahko uporabljal v drugih učilnicah.

Izdelek sva sestavila s pomočjo krmilnega modula Arduino in drugih združljivih komponent. Za ohišje sva uporabila ohišje delovne mize. V ohišje sva namestila napajalnik za LED trak, krmilnik Arduino in Nextion zaslon. Senzorje sva namestila na predvidene položaje, kot sva že opisala v postopku izdelave končnega izdelka.

Na začetku sva si zastavila hipotezo, da večja osvetlitev pomaga pri natančnejšem in kakovostnejšem delu. Zato sva potrebovala ustrezno razsvetljavo in način za njeno krmiljenje. Ko sva to uspešno izvedla, sva želela sistem še nadgraditi, saj sva opazila, kako slab zrak je pogosto v razredu.

Tako sva oblikovala drugo hipotezo, in sicer da boljši zrak pripomore k manjši zaspanosti in boljšemu razmišljanju. Za to nadgradnjo sva potrebovala različne senzorje.

Zanimalo naju je tudi, ali bi si tak sistem želeli uporabljati v drugih učilnicah, zato sva povprašala učitelje in sošolce. Njihov odziv je bil zelo pozitiven, saj so izrazili željo, da bi tak izdelek z veseljem uporabljali tudi drugod.

8 ZAKLJUČEK IN SMERNICE ZA NADALJNJE DELO

Z izvedbo raziskovalne naloge sva pokazala, da je mogoče z razmeroma preprostimi in cenovno dostopnimi komponentami razviti učinkovit sistem za spremljanje in izboljšanje mikroklimе v učilnici. Sistem zanesljivo meri ključne okoljske parametre, omogoča vizualno opozarjanje na odstopanja in prispeva k boljši osvetlitvi in kakovosti zraka v prostoru, kjer poteka praktično delo s področja elektrotehnike.

V prihodnosti želiva sistem nadgraditi z razvojem mobilne aplikacije, ki bi omogočala spremljanje izmerjenih podatkov v realnem času in enostavno upravljanje sistema na daljavo. Z uvedbo Wi-Fi povezave, bi bilo mogoče nadzorovati LED trak, osvetlitev ter avtomatizirati zračenje z odpiranje in zapiranje oken.

Možna je tudi razširitev sistema z dodatnimi senzorji za spremljanje drugih okoljskih dejavnikov. Želiva narediti podrobnejšo analizo vpliva mikroklimе na zbranost, počutje in uspehe dijakov.

Sistem bi bilo priporočljivo preizkusiti še v drugih učilnicah ter v različnih delovnih okoljih, kot so pisarne ali delavnice, ter ga prilagoditi specifičnim zahtevam posameznega prostora.

9 VIRI IN LITERATURA

[1] Arduino, DHT 11, <https://www.digi-electronics.si/slo/blogs/dht11-temperature-humidity-sensor-guide-pinout-wiring-arduino-code-applications/256.html>

Dostopno: 5. november 2025.

[2] Arduino IDE, <https://arduinogetstarted.com/arduino-tutorials> (pomoč pri pisanju kode za celoten program) Dostopno: 10. november 2025.

[3] Environmental Health and Safety, [Access denied : Environmental Health & Safety : UMass Amherst](#) Dostopno: 6. januar 2026.

[4] Lumos control, <https://lumoscontrols.com/resources/lux-level-an-ultimate-guide-for-specifiers/> Dostopno: 10. januar 2026.

[5] Veerle Duoh, <https://veerle.duoh.com/sidenotes/air-quality-co2-ppms> Dostopno: 10. januar 2026.

[6] Chat gpt <https://chatgpt.com> Dostopno: 15. februar 2026.

[7] IQ home

https://www.iqhome.org/index.php?route=extension/d_blog_module/post&post_id=17

Dostopno: 25. januar 2026.

[8] IQ home

https://www.iqhome.org/index.php?route=extension/d_blog_module/post&post_id=17

Dostopno: 25. januar 2026.

10 ZAHVALA

Zahvaljujeva se mentorici Maji Glušič, ki naju je z navdihujočim pristopom, znanjem in izkušnjami vodila skozi celoten proces priprave raziskovalne naloge ter naju spodbudila k samostojnemu raziskovanju in pisanju.

11 PRILOGE

11.1 PROGRAM

```
#include <DHT.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Nextion.h>

#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// RGBW PWM pini
#define RED_PIN 5
#define GREEN_PIN 6
#define BLUE_PIN 9
#define WHITE_PIN 10

// Analogni vhodi
#define LDR_PIN A0
#define MQ135_PIN A1

// Mejne vrednosti
#define HUM_LOW 40
#define HUM_HIGH 60
#define TEMP_LOW 20
#define TEMP_HIGH 24
#define GAS_THRESHOLD 200
```

```
// Nextion komunikacija
SoftwareSerial nextionSerial(7, 8); // RX, TX
Nextion myNextion(nextionSerial, 9600);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  nextionSerial.begin(9600);
  dht.begin();
  pinMode(RED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(GREEN_PIN, OUTPUT);
  pinMode(BLUE_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WHITE_PIN, OUTPUT);
}

void setColor(int r, int g, int b, int w) {
  analogWrite(RED_PIN, r);
  analogWrite(GREEN_PIN, g);
  analogWrite(BLUE_PIN, b);
  analogWrite(WHITE_PIN, w);
}

void sendToNextion(String component, String value) {
  nextionSerial.print(component);
  nextionSerial.print(".txt=\");
  nextionSerial.print(value);
  nextionSerial.print("\");
  nextionSerial.write(0xff);
  nextionSerial.write(0xff);
  nextionSerial.write(0xff);
}
```

```
void loop() {  
  
    float humidity = dht.readHumidity();  
  
    float temperature = dht.readTemperature();  
  
    int ldrValue = analogRead(LDR_PIN);  
  
    int gasValue = analogRead(MQ135_PIN);  
  
    int brightness = map(ldrValue, 0, 1023, 255, 50);  
  
    brightness = constrain(brightness, 50, 255);  
  
    int ppm = map(gasValue, 0, 1023, 0, 500);  
  
  
    // SERIAL MONITOR  
    Serial.print("T: ");  
    Serial.print(temperature);  
  
    Serial.print("C H: ");  
    Serial.print(humidity);  
  
    Serial.print("% Light: ");  
  
    Serial.print(ldrValue);  
  
    Serial.print(" PPM: ");  
  
    Serial.println(ppm);  
  
  
    // POŠLJI NA NEXTION  
    sendToNextion("tTemp", String(temperature) + " C");  
    sendToNextion("tHum", String(humidity) + " %");  
    sendToNextion("tLight", String(ldrValue));  
    sendToNextion("tAir", String(ppm) + " ppm");  
}
```

```
// ===== LOGIKA BARV =====  
  
if (ppm > GAS_THRESHOLD) {  
    setColor(brightness, 0, 0, 0);  
}  
  
else if (humidity < HUM_LOW || humidity > HUM_HIGH) {  
    setColor(0, 0, brightness, 0);  
}  
  
else if (temperature < TEMP_LOW || temperature > TEMP_HIGH) {  
    setColor(brightness, brightness, 0, 0);  
}  
  
else {  
    setColor(brightness * 0.2, 0, 0, brightness);  
}  
  
delay(2000);  
}
```