



Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo
Pot na Lavo 22
3000 Celje

UMETNO OKNO

raziskovalna naloga

Avtorji: Gašper Barič, Filip Verk Koražija, Nik Židan

Mentor: Andraž Pušnik, dipl. multimed. prod.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje, 2025

IZJAVA*

Mentor **Andraž Pušnik** v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom **Umetno okno**, katere avtorji so **Gašper Barič, Filip Verk Koradžija in Nik Židan**:

- 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 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, 2. 4. 2025



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

*

POJASNILO

V skladu z 20. 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.

Zahvala

Iskreno se zahvaljujemo našemu mentorju Andražu Pušniku za njegovo strokovno vodenje, podporo in ves trud, ki ga je vložil v naš projekt. Njegovo znanje, potrpežljivost in pripravljenost pomagati, so nam omogočili, da smo se soočili z izzivi, pridobili nova tehnična znanja in uspešno izvedli našo idejo. Njegova spodbuda in motivacija sta nas vodili skozi celoten proces, za kar smo mu izjemno hvaležni.

Prav tako se zahvaljujemo šoli za zagotovljen material in priložnost, da smo lahko ustvarili nekaj novega in inovativnega. S tem smo ne le nadgradili svoje tehnične spretnosti, temveč tudi prispevali k trajnostni rabi virov. Podpora šole nam je omogočila, da smo iz teorije prešli v prakso in ustvarili nekaj, na kar smo lahko ponosni.

Hvala vsem, ki ste nam pomagali in nas spodbujali pri raziskavi!

Povzetek

V raziskovalni nalogi smo preučevali vpliv umetne svetlobe na počutje in delovno okolje ter razvili umetno okno, ki simulira naravno osvetlitev. Osredotočili smo se na problem prostorov brez naravne svetlobe in izzive, ki jih prinaša dolgotrajna izpostavljenost umetnim virom svetlobe, zlasti modri svetlobi. Pri tem smo raziskali učinke svetlobe na človekovo zdravje, kognitivne funkcije ter obstoječe tehnologije za simulacijo naravne svetlobe. V praktičnem delu smo izdelali prototip umetnega okna in preučevali njegov vpliv v realnem okolju. Naloga prinaša vpogled v možnosti izboljšanja kakovosti bivanja in delovnih pogojev s prilagajanjem umetne osvetlitve.

Ključne besede: umetna svetloba, simulacija naravne svetlobe, reciklaža, dobro počutje, LCD monitorji

Abstract

In this research paper, we examined the impact of artificial light on well-being and the work environment and developed an artificial window that simulates natural lighting. We focused on the issue of spaces without natural light and the challenges posed by prolonged exposure to artificial light sources, particularly blue light. Our study explored the effects of light on human health, cognitive functions, and existing technologies for simulating natural light. In the practical part, we developed a prototype of an artificial window and studied its impact in a real-world setting. This paper provides insights into potential improvements in living and working conditions through the adaptation of artificial lighting.

Keywords: artificial light, natural light simulation, recycling, well-being, LCD monitors

Kazalo vsebine

1	Uvod.....	1
2	Raziskava.....	2
2.1	Opredelitev raziskovalnega problema.....	2
2.2	Cilji raziskovalne naloge	2
2.3	Hipoteze.....	3
2.4	Metodologija.....	4
3	Umetna svetloba	5
3.1	Vpliv na cirkadiani ritem	5
3.2	Hladna in topla svetloba.....	6
3.3	Modra svetloba	6
4	Pregled obstoječih rešitev	8
4.1	Energetska učinkovitost in trajnost	9
5	Izbira zaslonov	11
5.1	LCD.....	11
5.2	LED	11
5.3	OLED	12
5.4	QLED	13
5.5	Izbira LCD zaslona.....	13
6	Izbira strojne opreme	15
6.1	Raspberry Pi	15
6.1.1	Raspberry Pi 5.....	16
6.1.2	Tehnične specifikacije	16
6.2	Windows računalnik	18
6.2.1	HP ProDesk 600 G1 DM.....	18
6.2.2	Tehnične specifikacije	19
7	Izdelava umetnega okna	21
7.1	Predelava monitorjev	21
7.2	Svetilnost	23
7.3	Napajanje.....	25
7.4	Okvir.....	26

7.5	Prilagajanje svetilnosti	28
7.6	Testiranje.....	30
7.7	Težave pri izdelavi.....	32
7.8	Uporabnost umetnega okna.....	33
8	Ovrednotenje hipotez	36
9	Zaključek	38
10	Viri in literatura	39

Kazalo slik

Slika 1:	Plasti LCD zaslona	11
Slika 2:	Matrika rdečih, zelenih in modrih diod na LED zaslonu.....	12
Slika 3:	Raspberry Pi komplet	15
Slika 4:	Raspberry Pi 5.....	16
Slika 5:	HP ProDesk 600 G1 DM	18
Slika 6:	Monitor pred razstavljanjem	22
Slika 7:	Razstavljen monitor	23
Slika 8:	Monitor brez matične plošče.....	24
Slika 9:	Monitor brez polarizacijske in LCD plasti.....	25
Slika 10:	Izdelava lesenega okvirja	27
Slika 11:	Dva monitorja skupaj, v lesnem okvirju	27
Slika 12:	Testiranje gumbov za nadziranje nastavitev monitorja	29
Slika 13:	Umetno okno	30
Slika 14:	Delo ob umetnem oknu	31

1 Uvod

Umetna svetloba je postala nepogrešljiv del našega vsakdanjega življenja in vpliva na številne vidike moderne družbe. S svojim razvojem je omogočila, da lahko podaljšujemo aktivnosti tudi po koncu delovnega dneva, osvetljujemo prostore brez naravne svetlobe in ustvarjamo različne atmosfere v notranjih ali zunanjih prostorih.

Svetloba ni zgolj vir osvetlitve, ampak tudi sredstvo, ki prostoru doda estetsko vrednost. Tako lahko s pomočjo barve, intenzivnosti in usmerjenosti svetlobe ustvarimo ambient, ki je hkrati prijeten in funkcionalen.

Sodobne tehnologije za zagotavljanje umetne svetlobe, kot je denimo LED osvetlitev, nam omogočajo natančno prilagajanje svetlobe našim potrebam. Umetna svetloba lahko poudari arhitekturne elemente ali ustvarja iluzijo večje prostornosti. Poleg tega pa pravilna uporaba umetne svetlobe pripomore k zmanjšanju porabe energije in svetlobnega onesnaževanja, saj nove tehnologije omogočajo večjo učinkovitost in trajnost osvetlitve.

Umetna svetloba lahko vpliva na naše zdravje. Raziskave so pokazale, da dolgotrajna izpostavljenost fluorescentnim lučem na delovnem mestu, vpliva na naše počutje in zdravje. Vse zgoraj naštetu nam je bilo vodilo pri raziskovanju in je za naš izdelek predstavljalo svojevrsten izziv.

2 Raziskava

2.1 Opredelitev raziskovalnega problema

Umetna svetloba, predvsem modra svetloba, ki jo oddajajo zasloni, umetne luči in druge elektronske naprave, ima lahko številne negativne vplive na zdravje in človekovo počutje. Njena pretirana izpostavljenost povzroča motnje spanja, kronično utrujenost, glavobole in prekomerno obremenitev oči. Z zaviranjem izločanja melatonina, hormona, ki uravnava cikel spanja in budnosti, umetna svetloba ruši naravni bioritem telesa, kar povečuje tveganje za nespečnost, depresijo, stres in celo nekatere kronične bolezni. Še posebej pereč problem predstavlja umetna osvetlitev v prostorih brez oken, kjer je naravna svetloba popolnoma odsotna, kar pomeni, da smo neprestano izpostavljeni vplivu umetnih virov svetlove.

Idejo za raziskovanje tega problema smo dobili pri sodelovanju v mednarodnem projektu Challenger, kjer smo iskali probleme v lokalnem okolju in zanje razvijali inovativne rešitve. Problem, ki smo ga prepoznali v kabinetu našega mentorja je, da v njem ni naravne svetlobe. Naš koncept, ki se je osredotočal na trajnostno oskrbo in izboljšanje počutja v prostorih brez naravne svetlobe, je bil nagrajen s prvim mestom, kar nas je spodbudilo, da idejo nadgradimo in podrobneje raziščemo prepoznani problem. V tej raziskovalni nalogi se zato osredotočamo na iskanje učinkovitih rešitev za izboljšanje delovnega okolja in dobrega počutja ljudi v njem. Raziskujemo, kako prilagoditi umetno osvetlitev, da bi izboljšali osredotočenost in splošno kakovost življenja.

2.2 Cilji raziskovalne naloge

Cilj raziskovalne naloge je razviti in izdelati umetno okno, ki bi s svojimi funkcionalnostmi čim bolj učinkovito simuliralo naravno svetlobo, predvsem v prostorih, kjer ta omejena ali popolnoma odsotna. Zavedamo se, da dolgotrajna izpostavljenost umetni svetlobi negativno vpliva na splošno počutje posameznika,

zato želimo ustvariti rešitev, ki bi pripomogla k bolj zdravemu in prijetnemu delovnemu okolju. S tem bi izboljšali delovne razmere, zmanjšali utrujenost ter prispevali k večji koncentraciji in boljšemu počutju uporabnikov v zaprtih prostorih, kot so recimo kabineti, pisarne, učilnice in bolnišnične sobe.

Cilji v teoretičnem delu:

- raziskati vpliv naravne in umetne svetlobe na človeško telo, kognitivne funkcije in splošno zdravje;
- raziskati in predstaviti obstoječe tehnologije za simulacijo naravne svetlobe ter njihove prednosti in pomanjkljivosti;
- predstaviti tehnične vidike razvoja umetnega okna.

Cilji v praktičnem delu:

- izdelati prototip umetnega okna;
- testirati učinkovitost naše rešitve v realnem okolju;
- analizirati vpliv inovativne rešitve na uporabnike.

2.3 Hipoteze

1. HIPOTEZA: Umetno okno, ki simulira naravno svetlobo, bo imelo pozitiven vpliv na uporabnike.
2. HIPOTEZA: Simulacija naravne svetlobe z umetnim oknom zmanjša negativne učinke modre svetlobe.
3. HIPOTEZA: Vgradnja umetnega okna v zaprte prostore vpliva na subjektivno zaznavo prostora in ustvarja občutek prijetnejšega okolja.
4. HIPOTEZA: Umetno okno lahko deluje brez povezave na matično ploščo, če se uporabi neodvisen sistem za nadzor ali mikrokontroler.
5. HIPOTEZA: Dijaki imamo zadostno znanje iz računalništva in elektrotehnike, da lahko samostojno izdelamo delujoč prototip.

2.4 Metodologija

Raziskavo smo začeli z iskanjem ustrezne literature, ki bi nam pomagala pri obravnavi našega raziskovalnega problema. Pregledali smo znanstvene članke, študije in tehnično dokumentacijo, povezano z vplivom svetlobe na človeka ter tehnologijami za simulacijo naravne svetlobe.

Nato smo vse vire in literaturo ustrezno preučili in tako ugotovili, da lahko najbližjo simulacijo naravni svetlobi dosežemo z LED zasloni.

V naslednji fazi smo se osredotočili na tehnični vidik izvedbe. Raziskali smo možnosti vezave več zaslonov in možnosti nadzora svetlobe s programiranjem. Na podlagi teh ugotovitev smo zasnovali prototip umetnega okna, pri čemer smo uporabili interdisciplinarni pristop, ki združuje znanja s področja elektrotehnike, programiranja in oblikovanja.

Za preverjanje učinkovitosti rešitve smo izvedli testiranje, kjer smo preverjali vpliv umetnega okna na uporabnike v zaprtem prostoru brez naravne svetlobe. Testiranje smo zaključili s subjektivno oceno počutja, ki smo jo pridobili s pomočjo anketnega vprašalnika.

Zbrane podatke smo analizirali, da bi ugotovili, v kolikšni meri umetno okno resnično izboljšuje pogoje v zaprtih prostorih in ali je naša tehnološka rešitev ustrezna za nadaljnji razvoj ter optimizacijo.

3 Umetna svetloba

Svetloba ima ključno vlogo v našem vsakdanu, saj vpliva na naše razpoloženje, počutje in celo zdravje. Umetna svetloba nam osvetljuje prostore brez naravne svetlobe in ustvarja različna vzdušja v notranjih prostorih, ne glede na to, koliko je ura. Njena uporaba sega od domov in pisarn do trgovin, šol in javnih površin, kjer ne le izboljšuje vidljivost, temveč tudi vpliva na naše dožemanje prostora. Z različnimi barvnimi toni, intenzivnostjo in usmerjenostjo svetlobe lahko ustvarimo občutek toplote in udobja ali pa spodbudimo pozornost in delovno učinkovitost. Pravilno izbrana osvetlitev lahko celo izboljša estetiko prostora ter poudari arhitekturne značilnosti in dekorativne elemente.

Poleg funkcionalne in estetske vloge ima umetna svetloba tudi pomemben vpliv na naše zdravje in počutje. Napačna ali premočna osvetlitev, še posebej modra svetloba iz zaslonov in LED svetilk, lahko poruši naš naravni ritem, povzroči utrujenost, motnje spanja in zmanjša zbranost. Po drugi strani pa lahko prilagojena svetloba izboljša razpoloženje, poveča produktivnost in zmanjša stres. Zaradi vsega tega je pomembno, da umetno osvetlitev uporabljamo premišljeno in jo prilagodimo svojim potrebam, da ne vpliva negativno na naše zdravje.

3.1 Vpliv na cirkadiani ritem

Cirkadiani ritem je notranji biološki koledar telesa, ki uravnava cikel spanja in budnosti. Naravna svetloba je ključni dejavnik pri ohranjanju zdravega cirkadianega ritma, saj modra svetloba jutranje sončne svetlobe spodbuja budnost in zavira izločanje melatonina – hormona, ki uravnava spanje. Umetna svetloba, zlasti tista z visoko vsebnostjo modre svetlobe, lahko moti ta naravni proces.

Izpostavljenost modri svetlobi pozno zvečer zavira izločanje melatonina, kar povzroča težave s spanjem, nespečnost, utrujenost in povečuje tveganje za razvoj kroničnih bolezni, kot so sladkorna bolezen, debelost, hipertenzija ali depresija.

Nasprotno pa svetloba z nižjo barvno temperaturo (topla svetloba) spodbuja sprostitvev in izločanje melatonina, kar pomaga pri uravnavanju spalnega cikla.

3.2 Hladna in topla svetloba

Hladna svetloba (4000 K–6500 K) ima višjo vsebnost modre svetlobe in je zato bolj stimulativna. Takšna svetloba izboljša koncentracijo, pozornost in kognitivne sposobnosti, zato je primerna za delovne prostore in učilnice. Vendar dolgotrajna izpostavljenost hladni svetlobi lahko vodi v povečano utrujenost oči, glavobole in zmanjšano učinkovitost pri delu.

Topla svetloba (2700 K–3500 K) po drugi strani spodbuja sproščanje in občutek udobja. Je primerna za večerne ure in prostore za sprostitvev (npr. dnevne sobe, spalnice). Raziskave kažejo, da topla svetloba izboljšuje kakovost spanja, zmanjšuje stres in izboljšuje splošno počutje.

Najboljše rezultate pri vplivu na cirkadiani ritem prinaša dinamična razsvetljava, ki se prilagaja času dneva:

- zjutraj in dopoldne – hladnejša svetloba (5000 K–6500 K) za povečanje budnosti;
- popoldne – nevtralna svetloba (3500 K–4000 K) za uravnoteženo aktivnost;
- zvečer – topla svetloba (2700 K–3500 K) za sprostitvev in pripravo na spanje.

Sistemi dinamične osvetlitve, kot so Philips Hue, omogočajo prilagajanje barvne temperature in svetlosti glede na uro dneva. Takšna prilagoditev zmanjšuje negativne učinke umetne svetlobe in podpira naravni cikel spanja in budnosti.

3.3 Modra svetloba

Modra svetloba (450 nm) je sestavni del naravne dnevne svetlobe, vendar njena pretirana prisotnost v umetni svetlobi lahko povzroča:

- motnje spanja – zavira izločanje melatonina;

- utrujenost oči – povečuje napetost mišic v očesu;
- glavobole – zaradi preobremenitve vidnega sistema;
- povečano tveganje za makularno degeneracijo – dolgotrajna izpostavljenost lahko povzroči poškodbe mrežnice.

Rešitev za zmanjšanje negativnih učinkov modre svetlobe vključuje:

- uporabo filtrov za modro svetlobo;
- nastavitev toplejše barvne temperature v večernih urah;
- omejitev uporabe zaslonov vsaj eno uro pred spanjem.

4 Pregled obstoječih rešitev

Trenutno je na trgu inteligentne osvetlitve na voljo več že uveljavljenih rešitev, ki vključujejo sisteme, kot je Philips Hue. Ta sistem omogoča popolno prilagoditev svetlobe v prostoru, saj uporabnikom omogoča izbiro med različnimi barvami in svetlobnimi režimi, ki ustrezajo njihovim potrebam. Tako je mogoče ustvariti točno določeno atmosfero v prostoru, bodisi za delo ali sprostitvev. Te naprave pogosto omogočajo tudi povezovanje z aplikacijami na pametnih telefonih, kar omogoča daljinsko upravljanje, večinoma pa združljive tudi z glasovnimi asistenti, kot so Amazon Alexa ali Google Assistant. Philips Hue je samo eden izmed mnogih primerov na trgu, vendar predstavlja pomemben korak v smeri večje fleksibilnosti in enostavnosti uporabe pri sistemih osvetlitve, ki omogočajo dinamične nastavitve svetlobe.

Poleg tega so prisotni tudi sistemi, ki omogočajo inteligentno osvetlitev v pisarnah in drugih delovnih prostorih, kot je Tunable White Light, ki omogoča prilagoditev svetlobe glede na čas dneva. Na primer, hladnejša svetloba se uporablja med delovnim časom, da spodbuja koncentracijo, medtem ko se topla svetloba uporablja zvečer za sprostitvev. Takšni sistemi so že vgrajeni v številne sodobne pisarne in delovne prostore ter omogočajo večjo produktivnost in dobro počutje zaposlenih.

Prednosti obstoječih sistemov so predvsem v enostavni uporabi, širokem spektru nastavljenih možnosti in visoki energetske učinkovitosti. Sistemi, kot je Philips Hue, omogočajo uporabnikom, da prilagodijo svetlobo glede na njihove specifične potrebe, kar ustvarja boljše delovno okolje in pripomore k večjemu udobju. Ker so sistemi povezani z aplikacijami, jih lahko enostavno prilagajamo tudi na daljavo, kar pomeni, da lahko uporabniki spremenijo nastavitve svetlobe tudi takrat, ko niso fizično prisotni v prostoru.

Vendar pa po drugi strani ti sistemi lahko pomenijo visoke stroške, tako pri začetnem nakupu, kot pri vzdrževanju in nadgradnjah, saj so pogosto potrebni specifični pametni nadzorni sistemi ali dodatni pripomočki. Poleg tega so nekateri sistemi omejeni v svoji integraciji z obstoječimi svetlobnimi sistemi ali stavbno infrastrukturo,

kar pomeni, da se jih ne da enostavno prilagoditi v starejše ali manj tehnološke prostore. Druga pomanjkljivost je lahko tudi odvisnost od internetne povezave in omrežja, ki pa ni vedno stabilna ali dostopna.

4.1 Energetska učinkovitost in trajnost

Ena izmed ključnih prednosti sodobnih svetlobnih tehnologij je njihova energetska učinkovitost. Klasične žarnice z žarilno nitko pretvorijo le približno 5 % porabljene energije v svetlobo, preostanek oddajo v obliki toplote. LED tehnologija pa je bistveno bolj učinkovita, saj dosega več kot 90 % energetske pretvorbe v svetlobo, kar pripomore k zmanjšanju porabe električne energije in posledično k nižjim stroškom osvetlitve.

Umetno okno kot simulacija naravne svetlobe ponuja možnost dodatnega zmanjšanja porabe energije v primerjavi s klasičnimi sistemi umetne razsvetljave. Pri uporabi energetske učinkovitih LED zaslonov bi lahko dosegli znatne prihranke, še posebej v prostorih, kjer je osvetlitev potrebna skozi ves dan.

V našem primeru smo uporabili štiri odpisane monitorje, kar je močno znižalo stroške izdelave in hkrati prispevalo k trajnostnemu ravnanju z elektronskimi odpadki. Za dodatni material, kot sta na primer leseni okvir in kabli, smo skupno namenili okoli 30 evrov. S tem smo dokazali, da je mogoče takšen projekt izpeljati tudi z minimalnimi finančnimi sredstvi.

Uporabljeni materiali omogočajo osnovno vzdržljivost, okvir pa je mogoče enostavno zamenjati ali nadgraditi z bolj trpežnimi materiali, kot sta aluminij ali kompozitna plastika. Poleg tega je elektronski sistem zasnovan modularno, kar pomeni, da omogoča enostavno nadgradnjo – bodisi z boljšimi zasloni, dodatnimi senzorji, pametno povezljivostjo ali celo z avtomatizacijo preko mobilne aplikacije.

Z vidika energetske učinkovitosti, so uporabljeni monitorji sicer nekoliko starejši in uvrščeni v razred B ali C, a še vedno predstavljajo zadovoljivo rešitev za občasno

uporabo. V prihodnje bi bilo možno sistem nadgraditi z bolj učinkovitim LED zaslonom energetskega razreda A, kar bi še dodatno zmanjšalo porabo energije.

Analize kažejo, da bi lahko s preходом na energetske učinkovite svetlobne rešitve prihranili tudi do 70 % električne energije v primerjavi s klasičnimi fluorescentnimi ali halogenskimi svetili. Pri velikih pisarniških prostorih ali industrijskih obratih bi se prihranki lahko izkazali kot občutno znižanje stroškov energije in zmanjšanje ogljičnega odtisa.

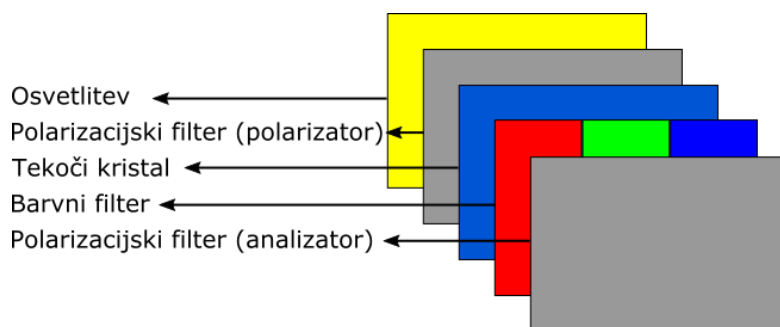
Z združevanjem naprednih svetlobnih tehnologij in obnovljivih virov energije bi lahko pametna okna postala trajnostna alternativa tradicionalni umetni osvetlitvi, ki ne bi le izboljšala kakovosti bivanja, ampak bi tudi prispevala k okoljski odgovornosti.

5 Izbira zaslonov

5.1 LCD

LCD (Liquid Crystal Display) oz. tekočerkristalni zaslon je ena najpogosteje uporabljenih tehnologij zaslonov, ki temelji na uporabi tekočih kristalov za nadzor svetlobe. Ti kristali sami ne oddajajo svetlobe, zato potrebujejo osvetlitev ozadja, ki jo običajno zagotavljajo fluorescentne sijalke (CCFL). Svetloba prehaja skozi plasti polarizatorjev in barvnih filtrov, tekoči kristali pa nadzorujejo količino svetlobe, ki doseže posamezne slikovne pike (piksle), s čimer ustvarjajo sliko.

LCD zasloni so cenovno dostopni, energetsko učinkoviti in imajo dolgo življenjsko dobo. Pogosto jih najdemo v računalniških monitorjih, televizorjih, mobilnih telefonih in drugih elektronskih napravah. V primerjavi z novejšimi tehnologijami imajo nekaj pomanjkljivosti, kot so slabša reprodukcija črne barve, omejeni vidni koti in počasnejši odzivni časi. Zaradi osvetlitve ozadja črna barva ni popolnoma temna, kar lahko vpliva na kakovost slike pri gledanju v temnejšem okolju.



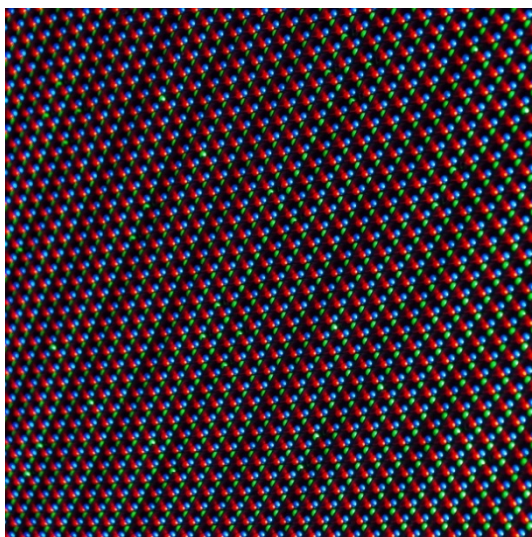
Slika 1: Plasti LCD zaslona

5.2 LED

LED (Light-Emitting Diode) zasloni so izboljšana različica LCD zaslonov, pri katerih so fluorescentne sijalke zamenjane z LED diodami. Te diode zagotavljajo osvetlitev ozadja, kar izboljšuje svetlost, kontrast in energetsko učinkovitost zaslona. LED

osvetlitev omogoča tanjše zaslone, daljšo življenjsko dobo in manjšo porabo energije, zato so ti zasloni postali industrijski standard za televizorje, monitorje in mobilne naprave.

Obstajata dve glavni vrsti LED osvetlitve: robna osvetlitev (edge-lit), kjer so LED diode nameščene ob robovih zaslona in svetlobo enakomerno razpršijo prek posebnih difuzijskih plasti, ter polna osvetlitev (full-array), pri kateri so diode razporejene za celotnim zaslonom. Slednja tehnologija omogoča lokalno zatemnitev (local dimming), kar izboljšuje kontrast in omogoča boljše prikazovanje temnejših odtenkov.



Slika 2: Matrika rdečih, zelenih in modrih diod na LED zaslonu

5.3 OLED

OLED (Organic Light-Emitting Diode) zasloni uporabljajo za ustvarjanje slike organske svetleče diode. V nasprotju z LCD in LED zaslone ne potrebujejo dodatne osvetlitve ozadja, saj vsaka slikovna pika (piksel) oddaja svojo svetlobo. To omogoča izjemno visoke kontrastne razmerje, saj se posamezni pikseli lahko popolnoma izklopijo in ustvarijo popolno črno barvo. Zaradi tega so OLED zaslone priljubljeni pri televizorjih višjega cenovnega razreda, pametnih telefonih in vrhunskih monitorjih.

Prednosti OLED tehnologije vključujejo izjemno barvno natančnost, visoko svetilnost, hiter odzivni čas ter širok vidni kot brez izgube kakovosti slike. Poleg tega so OLED zasloni lahko zelo tanki in celo upogljivi, kar omogoča inovativne oblike naprav, kot so zložljivi telefoni. Kljub vsem prednostim imajo OLED zasloni tudi nekaj slabosti – so dražji za proizvodnjo in bolj nagnjeni k pojavu vžgane slike (burn-in), kjer se statične slike lahko trajno zapišejo v zaslon. Poleg tega imajo krajšo življenjsko dobo kot LCD ali LED zasloni, saj se organski materiali sčasoma razgradijo.

5.4 QLED

QLED (Quantum Dot LED) je izboljšana različica LED zaslonov, ki uporablja kvantne pike (quantum dots) za izboljšanje barvne reprodukcije in svetlosti. Te kvantne pike so nanodelci, ki oddajajo svetlobo različnih valovnih dolžin, ko so osvetljeni z modro LED svetlobo. Ta tehnologija omogoča bolj nasičene in natančne barve ter širši barvni spekter v primerjavi s klasičnimi LED zasloni.

QLED zasloni so razviti predvsem kot konkurenca OLED zaslonom. Njihove glavne prednosti vključujejo izjemno svetlost, kar jih naredi primerne za gledanje v močno osvetljenih prostorih, ter daljšo življenjsko dobo brez tveganja vžganih slik. Ker pa še vedno temeljijo na LED osvetlitvi ozadja, ne dosegajo popolne črnine kot OLED zasloni, saj svetloba vedno rahlo pronica skozi temne predele slike. Kljub temu so QLED zasloni odlična izbira za tiste, ki želijo svetel in barvno natančen zaslon brez strahu pred trajno izgubo slikovne kakovosti.

5.5 Izbira LCD zaslona

Za osnovno umetnega okna bi bili sicer najbolj primerni LED zasloni, saj ponujajo boljšo energetske učinkovitost in kakovost prikaza, vendar smo se zaradi trajnostnih in finančnih razlogov odločili uporabiti odpisano opremo, ki smo jo lahko dobili na šoli. Tako smo uporabili LCD zaslone, saj nam omogočajo optimalno ravnovesje

med energetska učinkovitostjo, finančno dostopnostjo, prilagodljivostjo in enostavno predelavo za naš projekt.

LCD zaslone so nam omogočili odstranitev nepotrebnih komponent, kot so podstavek, plastično ohišje in železni okvir, kar je zmanjšalo težo ter velikost končnega izdelka.

V primerjavi z novejšimi tehnologijami, kot so LED, OLED in QLED, LCD ponuja boljšo cenovno dostopnost in večjo vzdržljivost. LED zaslone imajo sicer boljši kontrast in bogatejše barve, vendar so občutljivejši na poškodbe in dražji, kar ni ustrezalo našemu cilju uporabe rabljenih in recikliranih materialov.

6 Izbira strojne opreme

6.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi je serija majhnih računalnikov z enim vezjem. Prvotni računalnik Raspberry Pi je razvila fundacija Raspberry Pi v sodelovanju z družbo Broadcom. Od leta 2012 vse izdelke Raspberry Pi razvija podjetje Raspberry Pi Ltd, ki je sprva delovalo kot hčerinska družba fundacije.

Projekt Raspberry Pi je bil prvotno usmerjen v spodbujanje poučevanja osnov računalništva v šolah. Prvotni model je postal bolj priljubljen, kot so pričakovali, saj se je prodajal zunaj ciljnega trga za različne namene, kot so robotika, avtomatizacija doma, industrijska avtomatizacija in med računalniškimi ter elektronskimi navdušenci, zaradi nizke cene, modularnosti, odprte zasnove ter uporabe standardov HDMI in USB.

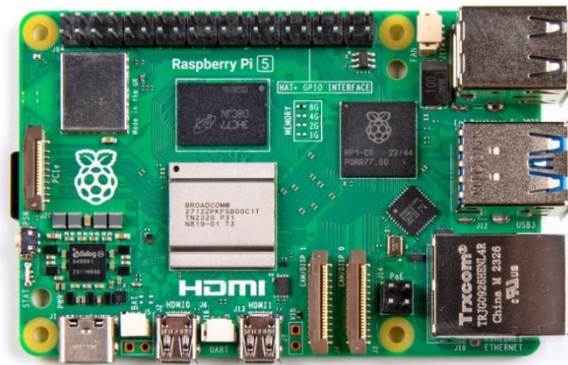


Slika 3: Raspberry Pi komplet

Raspberry Pi je izjemno prilagodljiv računalnik, ki je zaradi svojih lastnosti našel široko uporabo v različnih področjih tehnike in industrije.

6.1.1 Raspberry Pi 5

Raspberry Pi 5 je najnovejši in najzmogljivejši model, zasnovan za še višje zahteve. Prinaša znatno večjo procesorsko moč in napredne funkcije za razvijalce in profesionalce.



Slika 4: Raspberry Pi 5

6.1.2 Tehnične specifikacije

Procesor: 64-bitni štirijedrni ARM Cortex-A76

- Procesor ARM Cortex-A76 (ARM v8) deluje pri osnovni frekvenci 2,4 GHz in zagotavlja znatno izboljšano zmogljivost v primerjavi s prejšnjimi modeli Raspberry Pi.
- Podpira učinkovito večopravnost ter omogoča uporabo zahtevnejših aplikacij in razvojnih orodij.

Pomnilnik (RAM): 8 GB LPDDR4X

- Model Raspberry Pi 5 je na voljo z 8 GB LPDDR4X pomnilnika, kar omogoča hitro obdelavo podatkov in stabilno delovanje več aplikacij hkrati.
- Primeren je za razvojne projekte, kjer je potrebna večja količina delovnega pomnilnika.

Shramba: MicroSD kartica / M.2 SSD (preko PCIe)

- Osnovna shramba temelji na MicroSD kartici, vendar omogoča tudi priklop hitrejših M.2 SSD diskov preko vgrajenega PCIe vmesnika.
- To omogoča večjo prilagodljivost in zmogljivost shranjevanja podatkov glede na potrebe projekta.

Grafična kartica: VideoCore VII

- Vgrajena grafična enota VideoCore VII omogoča podporo za 4K video izhod pri 60 Hz na dveh zaslonih hkrati preko micro-HDMI priključkov.
- Podpira tudi strojno pospeševanje za grafične in multimedijske aplikacije.

Priključki:

- 2 x micro-HDMI: Omogočata priklop dveh zaslonov v ločljivosti 4K pri 60 Hz, kar je primerno za multimedijske prikaze in napredne uporabniške vmesnike.
- 2 x USB 3.0 in 2 x USB 2.0: Omogočajo hitro povezovanje zunanjih naprav, kot so tipkovnice, miške, kamere ali zunanji diski.
- 1 x Gigabit LAN: Omogoča stabilno in hitro žično omrežno povezavo.
- PCIe vmesnik: Namenjen priklopu dodatnih razširitvenih kartic (npr. SSD diski, vmesniki).
- GPIO pini: Standardni 40-pin vmesnik za priklop senzorjev, modulov in drugih razširitev.

Operacijski sistem: Raspberry Pi OS (Linux)

- Na napravi je nameščen operacijski sistem Raspberry Pi OS, ki temelji na Linux okolju in omogoča prilagodljivo uporabo ter podporo za različne aplikacije in razvojne projekte.
- Sistem je optimiziran za enostavno uporabo in široko združljivost z odprtokodnimi rešitvami.

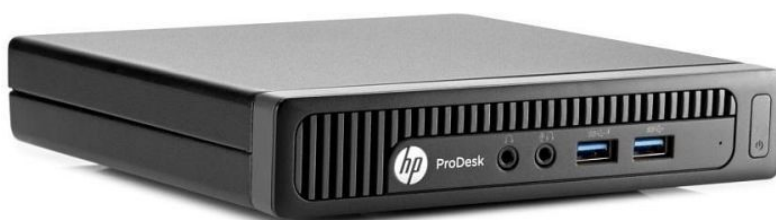
6.2 Windows računalnik

Windows računalnik je osebni računalnik, ki uporablja operacijski sistem Windows, razvijan s strani podjetja Microsoft. Windows je najbolj razširjen operacijski sistem za osebne računalnike in prenosnike, ki omogoča široko paleto funkcionalnosti, od vsakodnevnih nalog, kot so brskanje po spletu in uporaba pisarniških programov, do zahtevnejših nalog, kot so grafično oblikovanje in računalniške igre. Računalniki, ki uporabljajo Windows, se pogosto uporabljajo v različnih panogah, vključno z izobraževanjem, podjetništvom, znanstvenimi raziskavami in zabavo, saj nudijo širok spekter aplikacij in podpore za različne strojne komponente.

6.2.1 HP ProDesk 600 G1 DM

HP ProDesk 600 G1 DM je kompakten in zmogljiv mini desktop, zasnovan za poslovno rabo. Odlikujejo ga majhne dimenzije, ki omogočajo enostavno namestitev na omejenem prostoru, ter procesorji Intel Core četrte generacije, ki zagotavljajo dovolj zmogljivosti za osnovna in zahtevnejša opravila. Opremljen je z več priključki, kot so USB, DisplayPort in VGA, kar omogoča prilagodljivo uporabo z različnimi vrstami perifernih naprav. Kljub svoji majhnosti se ta model ponaša z visoko zanesljivostjo in energetsko učinkovitostjo, kar je idealno za projekte, kjer je prostor omejen, a so zahteve po zmogljivosti visoke.

Pri računalniku so nas najbolj pritegnile njegove majhne dimenzije, saj bi to pomenilo, da bi ga lahko lažje spravili v okvir pametnega okna, brez prekomerne razširitve okvirja. Prav tako je več kot dovolj zmogljiv za naše okno, kar pomeni da je primeren tudi za razširitve v prihodnosti.



Slika 5: HP ProDesk 600 G1 DM

6.2.2 Tehnične specifikacije

Procesor: Intel Core i5-4590T

- Intel Core i5-4590T je del četrte generacije procesorjev Intel (Haswell) in ponuja odlično ravnovesje med zmogljivostjo in energetsko učinkovitostjo.
- Deluje s frekvenco 2,0 GHz, ki se lahko poveča z uporabo Turbo Boost tehnologije do 3,0 GHz.
- S štirimi jedri omogoča učinkovito večopravnost, zaradi česar je primeren za različna opravila, od pisarniških nalog do multimedijskih aplikacij.

Pomnilnik (RAM): 8 GB DDR3

- Računalnik je opremljen z 8 GB DDR3 pomnilnika, kar omogoča nemoteno delovanje tudi pri več odprtih aplikacijah hkrati.
- Tehnologija DDR3 omogoča hitro obdelavo podatkov, kar povečuje odzivnost sistema in izboljša uporabniško izkušnjo pri zahtevnejših nalogah.

Shramba: 240 GB SSD

- Računalnik vsebuje SSD disk s kapaciteto 240 GB, ki omogoča bistveno hitrejšo branje in zapisovanje podatkov v primerjavi s tradicionalnimi trdimi diski (HDD).
- To pomeni hitrejši zagon sistema, krajše čase nalaganja aplikacij in splošno boljšo zmogljivost.

Grafična kartica: Intel HD Graphics 4600

- Vgrajena grafična kartica Intel HD Graphics 4600 omogoča obdelavo osnovnih grafičnih nalog, kot so predvajanje videoposnetkov, obdelava slik in lahke igre.
- Čeprav ni namenjena intenzivnim grafičnim opravilom, zadostuje za večino vsakodnevnih nalog.

Priključki:

- 2 x DisplayPort in 1 x VGA: Omogočajo povezovanje z različnimi monitorji in zasloni. DisplayPort podpira višje ločljivosti in večjo frekvenco osveževanja, medtem ko VGA ponuja podporo za starejše monitorje.
- 6 x USB 3.0: Hitri USB 3.0 priključki omogočajo hitro povezovanje zunanjih naprav, kot so diski, miške, tipkovnice in druge periferne naprave.
- 1 x LAN priključek: Gigabitni Ethernet priključek omogoča hitro in stabilno omrežno povezavo, kar je koristno pri prenosu večjih datotek ali oddaljenem delu.

Operacijski sistem: Windows 10 Pro

- Nameščen operacijski sistem Windows 10 Pro je uporabniku prijazen in optimiziran za poslovno rabo.
- Ponuja široko podporo za programsko opremo ter funkcije za varnost in omrežno povezovanje.

7 Izdelava umetnega okna

7.1 Predelava monitorjev

Od šole smo prejeli štiri rabljene monitorje enakega modela, ki so bili namenjeni za odpis. Ker se zavedamo pomena trajnostnega ravnanja in ponovne uporabe elektronskih naprav, smo se odločili, da jim damo novo funkcijo in jih vključimo v naš inovativni projekt. S tem smo ne le zmanjšali količino elektronskih odpadkov, temveč tudi prihranili finančna sredstva, ki bi jih sicer morali nameniti za nakup novih naprav. Takšen pristop nam je omogočil, da smo na kreativen način izkoristili obstoječe vire ter hkrati pridobili dragocene izkušnje s prilagajanjem in obnovo strojne opreme.

Najprej smo se lotili podrobnega raziskovanja konstrukcije monitorjev, saj smo želeli razumeti, katere komponente so ključne za njihovo delovanje in katere lahko odstranimo brez tveganja, da bi naprave prenehale delovati. Naš glavni cilj pri tem je bil zmanjšati težo posameznih monitorjev, saj smo načrtovali, da jih bomo združili v enotno celoto – umetno okno. Manjša teža bi olajšala namestitev in povečala prilagodljivost pri uporabi, hkrati pa bi omogočila lažje rokovanje in več možnosti pri nadaljnji integraciji sistema.

Prvi korak v procesu je bil odstranitev ohišja monitorjev. Najprej smo odstranili stojala, ki so bila namenjena postavitvi monitorjev na mizo, vendar v našem primeru niso bila potrebna. Nato smo nadaljevali z odstranitvijo zunanega plastičnega okvirja, kar ni le zmanjšalo celotne teže naprave, temveč predvsem stanjšalo monitorje. S tem smo pridobili več svobode pri načrtovanju in sestavljanju umetnega okna, saj smo lahko monitorje bolj prilagodljivo povezali med seboj in jih učinkoviteje vgradili v končno strukturo.

Z odstranitvijo ohišja smo izgubili tudi neposreden dostop do fizičnih gumbov za prilagajanje nastavitev slike, kar bi lahko predstavljalo težavo pri kasnejši uporabi. Kljub temu nas to ni zaustavilo, saj smo začeli raziskovati alternativne metode za spreminjanje nastavitev. Med različnimi možnostmi smo preučili programske rešitve,

ki omogočajo upravljanje nastavitev prek računalnika, ter možnost uporabe nadomestnih kontrolnih plošč, ki bi jih lahko vključili v sistem. Na ta način smo zagotovili, da bo prilagajanje svetlosti in drugih parametrov še vedno mogoče, kljub fizičnim spremembam monitorjev.

Ko smo monitorje razstavili, smo nadaljevali z ocenjevanjem njihovih notranjih elektronskih komponent. Naš cilj je bil prepoznati in obdržati le tiste dele, ki so nujno potrebni za delovanje, ter odstraniti vse, kar bi lahko dodatno zmanjšalo težo ali dimenzije naprave brez negativnih posledic. Pri tem smo se osredotočili na optimizacijo notranje strukture monitorjev in raziskovanje načinov, kako jih najbolje povezati v enotno celoto. Preverili smo tudi, če bi bilo mogoče prilagoditi ali odstraniti nekatere dodatne elemente, ki bi lahko vplivali na učinkovitost in funkcionalnost umetnega okna.



Slika 6: Monitor pred razstavljanjem



Slika 7: Razstavljen monitor

7.2 Svetilnost

Po razstavljanju monitorjev smo preizkusili njihovo svetilnost in ugotovili, da je ta precej šibka, kar ni ustrezalo našim pričakovanjem glede umetnega okna, zato smo raziskovali in poskušali dalje. Ugotovili smo, da lahko monitorji postanejo svetlejši in hkrati manj škodljivi za oči, če odstranimo polarizacijsko plast. Ta plast vpliva na način prehajanja svetlobe skozi zaslon, vendar smo ocenili, da bi bila njena odstranitev v našem primeru koristna, saj bi povečala svetlobno moč monitorjev in izboljšala njihovo uporabnost za simulacijo okna.

Kljub vsem prilagoditvam smo morali obdržati matično ploščo, saj je bila ključna za delovanje monitorja. Pri tem smo bili zelo previdni, da odstranitev določenih komponent ne bi vplivala na napajanje ali delovanje monitorja. Vsak poseg smo natančno preverili in preizkusili, da bi se izognili morebitnim napakam ali poškodbam strojne opreme. S temi spremembami smo uspešno zmanjšali težo in debelino monitorjev, kar nam je omogočilo večjo fleksibilnost pri nadaljnji sestavi pametnega okna. Naš projekt je bil tako še en korak bližje končnemu cilju – ustvariti trajnostno in inovativno rešitev, ki ponovno uporabi odpisano elektroniko na praktičen in ustvarjalen način.

S temi spremembami smo uspešno zmanjšali težo in debelino monitorjev, kar nam je omogočilo večjo fleksibilnost pri nadaljnji sestavi umetnega okna. Projekt je bil tako še en korak bližje končnemu cilju – trajnostni in inovativni rešitvi, ki ponovno uporabi odpisano elektroniko na praktičen in ustvarjalen način.



Slika 8: Monitor brez matične plošče

Na tej točki smo lahko odstranili še železni okvir, kar nam je omogočilo, da smo se znebili polarizatorja in LCD panela. Po teh prilagoditvah smo znova preizkusili svetilnost monitorjev in ugotovili, da brez teh komponent oddajajo bistveno več svetlobe. To je bil ključni napredek, saj je večja svetilnost izjemno pomembna za učinek simulacije okna. S tem smo dosegli, da bodo monitorji učinkoviteje osvetlili prostor in bolje posnemali naravno svetlobo, kar je bil eden od glavnih namenov našega projekta.



Slika 9: Monitor brez polarizacijske in LCD plasti

7.3 Napajanje

Naslednje je bilo vprašanje, kako ustrezno napajati monitorje. Želeli smo, da bi se vsi monitorji napajali preko enega samega kabla, kar bi omogočilo, da se ob prižigu umetnega okna vklopijo vsi monitorji hkrati. To bi posledično tudi izboljšalo izgled končnega izdelka, saj bi se na ta način izognili nepotrebnim kablom. Začeli smo raziskovati možnosti za povezovanje monitorjev in kako jih združiti v enotno napajalno omrežje, da bi dosegli to enostavno in funkcionalno rešitev.

Najprej smo se lotili povezovanja dveh monitorjev na en napajalni kabel. Med delom smo naleteli na nekaj težav, saj smo ugotovili, da je napetost previsoka, zaradi česar je začelo prihajati do pregrevanja prostora za priključke, saj se je napajanje dotaknilo ohišja teh priključkov. Poleg tega smo opazili, da če napačno pritisnemo ali primemo matično ploščo, lahko pride do prenosa toka naprej, kar povzroči kratki stik in uničenje plošče. Te težave so nas prisilile, da smo skrbno preučili različne možnosti za varno in učinkovito povezovanje monitorjev.

Med raziskavo smo poizkusili več rešitev za to težavo, vse smo premerili z merilnim inštrumentom, ki je kazal znake uničenja plošč zaradi nepravilnega toka oziroma

zaradi posledic kratkega stika. To je privedlo do ugotovitve, da bo vsak zaslon za ustrezno delovanje potreboval svojo matično ploščo.

Po preizkusih smo nadaljevali po prvotnem načrtu in smo zaslone odspajkali in na novo povezali v začetno stanje, kjer smo naleteli na težavo, ker smo prerezali žice in smo jih morali ponovno spajkati. Na tej točki smo ostali samo z dvema delujočima monitorjema. Ugotovili smo tudi, da vsak monitor potrebuje za delovanje svoj napajalni kabel.

7.4 Okvir

Ker smo monitorjem odstranili kar nekaj ključnih delov, ki sicer skrbijo za njihovo stabilnost in kompaktnost, smo morali zagotoviti tudi ustrezen okvir končnega izdelka. To se je seveda sovpadalo z našo idejo o fizičnem izgledu umetnega okna, za katerega smo si želeli, da je tudi vizualno čim bolj podoben pravemu oknu.

Izbrali smo les in natančno izmerili želeno velikost okvirja, da bi lahko ta visel ali stal, hkrati pa bi lahko vanj zaprli vse potrebne komponente za delovanje. Tako bi zagotovili, da bodo monitorji ustrezno pozicionirani in varno nameščeni ter da bo celoten izdelek stabilen in funkcionalen.

Pripravili smo okvir z dolžino 72 cm, višino 56,5 cm in debelino 8 cm, kar je omogočilo dovolj prostora za oba monitorja in druge potrebne komponente.



Slika 10: Izdelava lesenega okvirja



Slika 11: Dva monitorja skupaj, v lesenem okvirju

7.5 Prilagajanje svetilnosti

Da bi zagotovili čim bolj pristno izkušnjo z umetnim oknom, smo želeli omogočiti prilagajanje svetilnosti, saj je to ključni element simulacije naravne svetlobe. Svetlost smo poskušali regulirati na več različnih načinov, pri čemer smo naleteli na več izzivov in tehničnih omejitev.

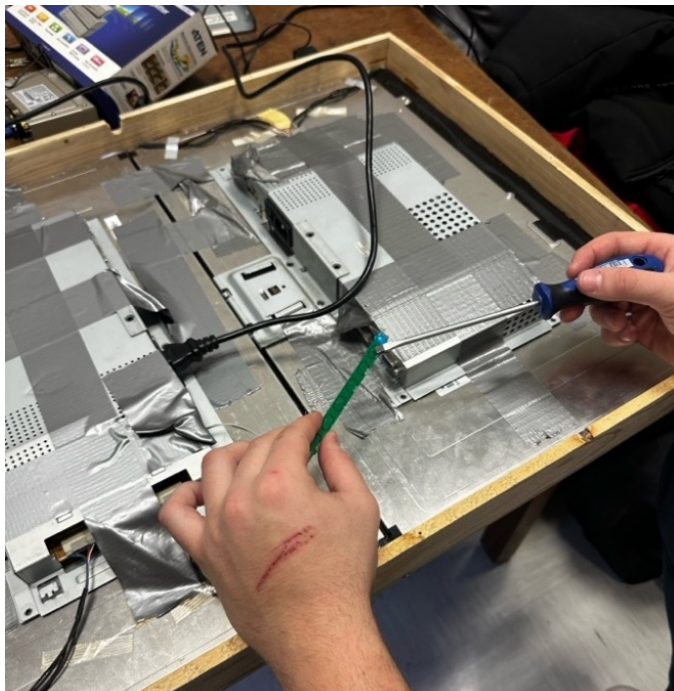
Sprva smo želeli svetilnost prilagajati z uporabo Raspberry Pi 5 in HDMI kabla. Uporabili smo ukaz `xrandr`, vendar ta zaradi starosti monitorja ni deloval, saj ta ni podpiral zahtevanih funkcij. Kasneje smo preizkusili tudi `ddcutil` in druga DDC orodja, vendar se je izkazalo, da uporabljeni monitorji nimajo DDC podpore, kar pomeni, da svetlosti s programsko opremo in HDMI kablom nismo uspeli spreminjati. Zaradi teh omejitev smo morali poiskati alternativne rešitve.

Naslednji pristop je bil uporaba Windows računalnika in VGA kabla ter programske opreme `Twinkle Tray`, ki omogoča prilagajanje svetlosti monitorjev. Žal se je izkazalo, da ta metoda deluje samo na enem monitorju hkrati in da zatemnitev ni bila zadostna za naše potrebe. Da bi zagotovili enotno nastavitvev svetlosti na obeh zaslonih, smo uporabili video razdelilec z VGA priključki, ki bi omogočal podvajanje signala. Kljub temu je vsaka nastavitvev vplivala le na en zaslon, kar ni bilo skladno z našimi cilji.

Ker nismo želeli razstavljati in ponovno sestavljati pametnega okna, smo morali poiskati bolj prilagodljivo rešitev, ki bi nam omogočila učinkovitejše delo. Na računalnik smo zato namestili `VNC Viewer`, s katerim smo se lahko oddaljeno povezovali z drugega računalnika. Ta rešitev nam je omogočila hitrejše in bolj učinkovito delo, saj smo imeli popoln dostop do sistema brez potrebe po fizičnih prilagoditvah na računalniku ali pametnem oknu.

Ker programske rešitve niso prinesle zelenih rezultatov, smo se odločili preizkusiti fizično prilagajanje svetlosti s funkcijskimi gumbi na monitorju. Gumbi so bili povezani na matično ploščo preko 5-pin priključkov, vendar na začetku niso delovali, saj smo iz gumbov predhodno odstranili prevodno folijo, ki je ključna za njihov

pravilen odziv. Ko smo ugotovili, da ti gumbi zahtevajo dotik s kovinskim elementom, smo poskusili vklopiti in izklopiti zaslon z izvijačem. Medtem ko je vklop in izklop deloval, drugi gumbi niso imeli učinka, kar je nakazovalo, da bi bila za uspešno uporabo potrebna dodatna prilagoditev strojne opreme.



Slika 12: Testiranje gumbov za nadziranje nastavitev monitorja

Da bi vzpostavili delovanje gumbov, smo se lotili spajkanja in različnih vezav, pri čemer smo želeli obnoviti povezave med kontakti in nadomestiti odstranjeno prevodno plast. S testiranjem različnih načinov povezovanja smo preverjali, ali bi bilo mogoče ponovno vzpostaviti funkcionalnost gumbov, vendar nismo dosegli zelenega rezultata. Spajkanje ni prineslo stabilnega kontakta, prav tako pa nobena izmed vezav ni omogočila zanesljivega delovanja. Na tej točki smo ugotovili, da je težava verjetno v interni zasnovi monitorjeve plošče, ki ne omogoča preprostega ročnega upravljanja s kontakti brez originalnih komponent.

Na koncu smo izdelali lastno programsko rešitev z uporabo programskega jezika Python. Program omogoča ročno nastavitve svetlosti monitorjev, vendar pa zaradi trenutne nezmožnosti sistema, da bi deloval preko ene matične plošče, tudi sistem ni povsem stabilen, zato prilagoditev svetlosti ne vpliva vedno na oba zaslona.

Razvoj lastne programske rešitve odpira številne možnosti za nadaljnje izboljšave in prilagoditve, obenem pa omogoča večji nadzor nad delovanjem sistema in njegovo nadgradnjo v skladu z željami uporabnikov.



Slika 13: Umetno okno

7.6 Testiranje

Umetno okno smo po končani izdelavi namestili v mentorjev kabinet, kjer ni vira naravne svetlobe. Nato smo se lotili faze testiranja, da bi preverili njegovo delovanje in vpliv na splošno počutje. Testiranje smo izvajali sami v različnih pogojih, pri čemer smo spremljali stabilnost sistema in morebitne težave pri daljšem delovanju.

Zaradi načina testiranja v manjšem prostoru, smo zaradi krajše razdalje do okna svetilnost privzeto nastavili na 50%.



Slika 14: Delo ob umetnem oknu

Umetno okno je bilo vključeno več dni zapored med tem, ko smo izvajali preostanek raziskave in pripravljali končno poročilo. Sistem je ves čas stabilno deloval, svetloba je bila enakomerna in brez utripanja. Svetloba je ostala konstantna, saj okno nima funkcije prilagajanja svetlobe glede na čas dneva ali zunanje pogoje.

Pri testiranju smo opazili naslednje učinke:

- Svetloba je pozitivno vplivala na splošno osvetlitev prostora, kar je izboljšalo vidljivost in občutek odprtosti.
- Po daljši izpostavljenosti svetlobi smo opazili rahlo utrujenost oči, kar bi lahko bilo posledica modre svetlobe, prisotne v ozadju osvetlitve.
- Temperatura ohišja se je po večurnem delovanju rahlo zvišala, vendar je sistem ostal stabilen brez tehničnih težav ali pregrevanja.

Ugotovili smo, da umetno okno učinkovito simulira prisotnost naravne svetlobe v prostoru in izboljša splošno počutje, vendar daljša izpostavljenost lahko povzroči napetost v očeh. Ker sistem nima možnosti prilagajanja svetlobe, bi bila morebitna

nadgradnja s funkcijo zatemnitve ali prilagajanja barvne temperature smiselna za večje udobje uporabnikov.

Testiranje je potrdilo, da umetno okno izpolnjuje osnovni namen – izboljšati svetlobne pogoje v prostoru brez naravne svetlobe. Kljub manjšim omejitvam pri dolgoročnem udobju, sistem ponuja preprosto in učinkovito rešitev za osvetlitev prostorov.

V prihodnjih testiranjih bi bilo smiselno vključiti daljše opazovanje vpliva pametnega okna na produktivnost in psihološko dobro počutje uporabnikov. Prav tako bi lahko izvedli primerjalne teste med različnimi nastavitvami svetlobe, da bi ugotovili, katera kombinacija najbolj ustreza večini ljudi. S temi izboljšavami bi lahko pametno okno postalo še bolj prilagodljivo in učinkovito pri ustvarjanju optimalnega bivalnega ali delovnega okolja.

7.7 Težave pri izdelavi

Razvoj umetnega okna je prinesel več tehničnih in praktičnih izzivov, ki so vplivali na njegovo delovanje in uporabniško izkušnjo. Ena izmed ključnih težav je bila optimizacija svetlobnega spektra. Trenutni izdelek sicer uspešno simulira svetlobo, vendar še ne dosega popolne spektralne podobnosti z naravno svetlobo. Za izboljšanje tega bi bilo treba preučiti možnosti uporabe svetlobnih filtrov ali dodatnih LED virov.

Druga pomembna težava je prilagajanje svetlobe individualnim potrebam. Trenutna različica umetnega okna ne omogoča enostavnega prilagajanja svetlosti ali barvne temperature glede na uporabnikove želje in dnevni ritem. Prilagodljiva svetloba bi omogočila večjo udobnost in bolj naravno izkušnjo. Prav tako smo naleteli na izziv avtomatizacije – umetno okno ne zaznava sprememb v okolju in ne prilagaja osvetlitve v realnem času. Z integracijo senzorjev bi lahko izboljšali funkcionalnost in energetske učinkovitost sistema.

Poleg tega smo ugotovili, da bi bilo mogoče dodatno zmanjšati porabo energije. Čeprav trenutna rešitev deluje dokaj varčno, bi lahko uporaba nizkoenergijskih panelov ali celo integracija solarnih virov še dodatno optimizirala energetske učinkovitost.

Naša lastna programska rešitev je sicer delujoča, vendar ni povsem stabilna, da bi lahko rekli, da je prototip v celoti dokončan. Pri spremembi jakosti svetlobe, se včasih odzove en in včasih drug zaslon. Poskusili smo tudi z razdelilcem signala, vendar tudi ta možnost žal ni delovala.

Težavo bi v prihodnosti najlažje rešili z izbiro novejših zaslonov, ki že uporabljajo HDMI priključke. Pri testiranju na še uporabnih monitorjih je naša programska rešitev simultano delovala na obeh zaslonih.

7.8 Uporabnost umetnega okna

Umetno okno prinaša inovacije v smeri večje trajnosti in ekonomičnosti. Z uporabo rabljene elektronike, v tem primeru obstoječih monitorjev, ki so bili namenjeni za odpis, prispevamo k zmanjšanju elektronskih odpadkov in omogočamo bolj okolju prijazen rešitev. S tem se odpovedujemo kupovanju novih naprav, kar pomeni manj proizvodnje, manj plastike in manj energije porabljene pri proizvodnji. Poleg tega je naša rešitev zasnovana tako, da omogoča svetlobo, ki je prijaznejša za oči, z uporabo optimiziranih zaslonov, ki so bili reciklirani in ponovno uporabljeni.

Naša rešitev tako prinaša ne samo tehnično inovacijo, ampak tudi ekološko osveščenost in večjo dostopnost. Z optimizacijo rabe odpisanih materialov omogočamo dostopnejšo alternativo za uporabnike, ki iščejo energetske učinkovite in trajnostne rešitve za svoj vsakdanji življenjski prostor.

Razmišljali smo tudi o širši dostopnosti in morebitni komercialni uporabi. Za dovršen izdelek bi:

- uporabili modularno zasnovano sistema, ki bi omogočila enostavno prilagajanje različnim dimenzijam in oblikam prostorov (npr. večje različice za pisarne in manjše za stanovanja);
- uredili partnerstva z reciklažnimi centri ali podjetji, ki imajo veliko elektronskih odpadkov, ki bi zagotavljali stabilen vir odpisanih zaslonov in elektronike za ponovno uporabo;
- uporabili odprtokodne platforme za programsko opremo, ki bi omogočale enostavno nadgradnjo in prilagoditev uporabniškega vmesnika različnim potrebam.

Omejitve in izzivi pri prilagajanju arhitekturnim potrebam pa kljub temu obstajajo. Umetno okno je lahko v določenih primerih težje vključiti v minimalistične ali strogo funkcionalne arhitekturne zasnove, kjer ni dovolj prostora za montažo okvirja in priklop v električno omrežje. Prav tako je potrebno razmisliti o primerni rešitvi za brezhibno integracijo v stene brez oken in poševne stene (strešna okna).

Tehnična rešitev za te izzive vključuje izdelavo različnih okvirjev (lesenih, kovinskih ali PVC) in sistemov za pritrditev, ki omogočajo montažo na različne površine (zid, strop, pohištvo). Poleg tega bi bilo možno razviti prilagodljiv zaslonski modul s fleksibilnimi OLED zasloni, ki bi se lahko ukrivljali glede na potrebe prostora – kar bi umetnemu oknu omogočilo uporabo tudi v bolj kreativnih ali omejenih arhitekturnih okvirih.

V prihodnje želimo nadgraditi umetno okno z dodatnimi funkcionalnostmi, ki bi izboljšale uporabniško izkušnjo. Ena od možnosti je uporaba pametnega sistema za prilagajanje svetlosti, ki bi deloval neodvisno od monitorjev in omogočal dinamično prilagajanje glede na čas dneva ali zunanje pogoje. To bi lahko dosegli z dodatnimi LED osvetlitvami, ki bi simulirale naravno svetlobo v različnih barvnih temperaturah.

Prav tako raziskujemo integracijo senzorjev, ki bi zaznavali naravno svetlobo v prostoru in ustrezno prilagodili svetlost umetnega okna. Na ta način bi lahko izboljšali energijsko učinkovitost in zagotovili bolj naravno osvetlitev prostora. Druga možnost je razvoj posebne folije ali stekla, ki bi omogočalo prilagajanje prosojnosti in s tem simulacijo različnih vremenskih pogojev, kot so sončno, oblačno ali megleno vreme.

Dolgoročno bi lahko umetno okno povezali s pametnimi domovi, kjer bi se sinhroniziralo z drugimi napravami in ustvarjalo bolj prilagojeno bivalno okolje. Možnosti vključujejo povezavo s pametnimi asistenti, prilagajanje osvetlitve glede na dnevne navade uporabnika ali celo uporabo umetne inteligence za analizo svetlobnih vzorcev v različnih delih dneva.

8 Ovrednotenje hipotez

1. HIPOTEZA: Umetno okno, ki simulira naravno svetlobo, bo imelo pozitiven vpliv na uporabnike.

Delno potrjeno. Umetno okno je izboljšalo svetlobne pogoje in počutje uporabnikov, vendar je daljša uporaba povzročila rahlo utrujenost oči zaradi modre svetlobe. Sistem izpolnjuje osnovni namen, vendar bi bila smiselna prilagoditev svetlobe za večje udobje.

2. HIPOTEZA: Simulacija naravne svetlobe z umetnim oknom zmanjša negativne učinke modre svetlobe.

Delno potrjeno. Čeprav umetno okno izboljšuje osvetlitev in zmanjšuje občutek zaprtosti, ni bilo povsem učinkovito pri zmanjševanju vpliva modre svetlobe, ki je še vedno prisotna v ozadju. Za boljše rezultate bi bila potrebna dodatna izboljšava sistema, kot so filtri za modro svetlobo ali prilagodljive nastavitve svetlobe.

3. HIPOTEZA: Vgradnja umetnega okna v zaprte prostore vpliva na subjektivno zaznavo prostora in ustvarja občutek prijetnejšega okolja.

Potrjeno. Testiranje je pokazalo, da umetno okno izboljša splošno svetlost prostora, kar ustvarja občutek večje odprtosti in prijetnejšega okolja. Tudi ostali obiskovalci so poročali, da so se v kabinetu, kjer je bilo umetno okno nameščeno, počutili bolj udobno in manj omejeno.

4. HIPOTEZA: Umetno okno lahko deluje brez povezave na matično ploščo, če se uporabi neodvisen sistem za nadzor ali mikrokontroler.

Ovrženo. V raziskavi smo preizkusili različne metode neodvisnega nadzora, vendar nobena ni zagotovila stabilnega delovanja umetnega okna. Zaradi specifičnih lastnosti monitorjev in potrebe po sinhronizirani svetlobi je bila povezava na matično ploščo nujna za delovanje sistema, kar predstavlja izziv pri razvoju neodvisnih rešitev v prihodnosti.

5. HIPOTEZA: Dijaki imamo zadostno znanje iz računalništva in elektrotehnike, da lahko samostojno izdelamo delujoč prototip.

Delno potrjeno. Uspešno smo izdelali prototip umetnega okna, vendar nismo uspeli v celoti implementirati možnosti prilagajanja svetlobe. Kljub temu smo ugotovili, da umetno okno učinkovito simulira naravno svetlobo, vendar bi bila možnost prilagajanja svetlobe glede na zunanje pogoje ali uporabniške preference pomemben korak za izboljšanje uporabniške izkušnje. Naša rešitev še vedno potrebuje nadaljnji razvoj, da bi omogočila večjo prilagodljivost in udobje za uporabnike.

9 Zaključek

V okviru te raziskovalne naloge smo se osredotočili na razvoj umetnega okna, ki simulira naravno svetlobo z uporabo recikliranih LCD monitorjev. Cilj projekta je bil izboljšati kakovost svetlobe v prostorih brez naravne osvetlitve in uporabnikom omogočiti boljše počutje ter zmanjšati občutek zaprtosti, kar je še posebej pomembno v prostorih, kot so pisarne, učilnice in zdravstvene ustanove.

V raziskavi smo se posvetili predstavitvi tehnologij, uporabljenih pri izdelavi umetnega okna, ter podrobneje preučili njihove vplive na uporabnike. Testirali smo različne sisteme, ki omogočajo simulacijo naravne svetlobe, in raziskali, kako reciklirani monitorji prispevajo k trajnostni in energetsko učinkoviti rešitvi. V praktičnem delu smo uspeli izdelati funkcionalen prototip umetnega okna, ki je izboljšal svetlobne pogoje in uporabniško izkušnjo.

Naša raziskava je pokazala, da umetno okno pozitivno vpliva na subjektivno zaznavanje prostora in izboljša počutje uporabnikov. Vendar pa smo se med testiranjem soočili tudi z nekaterimi izzivi, kot so nepopolna odprava negativnih učinkov modre svetlobe in težave pri implementaciji neodvisnega nadzornega sistema. Kljub temu pa projekt kaže velik potencial za nadaljnji razvoj, saj ponuja rešitev za izboljšanje svetlobnih pogojev v prostorih brez naravne osvetlitve.

Upamo, da bo ta projekt pripomogel k boljši kakovosti bivanja in delovnega okolja v prihodnosti, saj so možnosti za nadgradnjo in optimizacijo umetnega okna široke. S tem bo rešitev postala še bolj prilagodljiva, energetsko učinkovita in uporabniku prijazna, kar bo omogočilo širšo uporabo v različnih okoljih. Celotna raziskava in izdelava umetnega okna sta bila izjemno poučna, saj smo se ob tem naučili številnih novih veščin na področju elektronike, programiranja in trajnostnih rešitev.

10 Viri in literatura

- Hewlett Packard. (brez datuma). *HP Support*. Pridobljeno 18. 12 2024 iz <https://support.hp.com>
- U.S. Department of Energy. (brez datuma). *Led Lighting*. Pridobljeno 26. 10 2024 iz <https://www.energy.gov/energysaver/led-lighting>
- Environmental Protection Agency. (brez datuma). *Sustainable management of electronics*. Pridobljeno 28. 10 2024 iz <https://www.epa.gov/smm/sustainable-management-materials-electronics>
- Grošelj, L. D. (2. 3 2021). *Umetna svetloba, spanje in psihološke motnje*. Pridobljeno 13. 1 2025 iz zdravaglava: https://zdravaglava.si/2021/03/umetna-svetloba-spanje-in-psiholoske-motnje/?utm_source=chatgpt.com
- Kisilak, J. (12. 12 2016). *CORE*. Pridobljeno 1 2025 iz Možna uporaba spoznanj o vplivu svetlobe na cirkadialne ritme za razsvetljavo izobraževalnih ustanov: <https://core.ac.uk/download/pdf/74362357.pdf>
- Brivio, E. (29. 11 2018). *Morning boost on individuals' psychophysiological wellbeing indicators with supportive, dynamic lighting in windowless open-plan workplace in Malaysia*. Pridobljeno 21. 1 2025 iz <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6264480/>
- Zupan, J. &. (2014). Vpliv naravne in umetne svetlobe na notranje prostore. *Tehniška kultura*, 27(1), str. 45-56.
- Neznani avtor. (brez datuma). *OLED*. Pridobljeno 22. 11 2024 iz Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/OLED>
- Neznani avtor. (brez datuma). *Zaslon LCD*. Pridobljeno 22. 11 2024 iz Wikipedia: https://sl.wikipedia.org/wiki/Zaslon_LCD
- Neznani avtor. (brez datuma). *Raspberry Pi*. Pridobljeno 7. 1 2025 iz <https://www.raspberrypi.org/documentation/>
- Bourgeois, B. (2013). Blue light and the circadian rhythm: A review. *Sleep Science*, 6, str. 24-27.
- Küller, R. B. (2006). Lighting design and its effects on human health and well-being: A literature review. *Lighting Research & Technology*, 38, str. 169-182.
- Kilic, A. &. (2020). Design of an artificial window system for indoor lighting simulation. *Energy and Buildings*, str. 211.