



Srednja šola za strojništvo,
mehatroniko in medije

Šolski center Celje
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

HOLOGRAMI

Raziskovalna naloga

Področje: telekomunikacije in medijska tehnika

Avtorji:

Lovro ŠINKOVEC, S-3. b

Marko FÄNRICH, M-4. c

Nejc PEČNIK M-4. e

Mentorji:

dr. Matej Veber

mag. Peter Arlič

Gašper Grat, dipl. inž. str.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2024

IZJAVA*

Mentorji dr. Matej Veber, mag. Peter Arlič in Gašper Grad v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljamo, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Hologrami, katere avtorji so Lovro Šinkovec, Marko Fänrich in Nejc Pečnik:

- 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, 9. 4. 2024

žig šole

Podpis mentorjev

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

Zahvaljujemo se vsem, ki so nam kakorkoli pomagali pri raziskovalni nalogi. Brez njih bi bilo tako pisanje naloge kot tudi izdelava izdelka nemogoča.

Hvala mentorjem Gašperju Gradu, dr. Mateju Vebru in mag. Petru Arliču za vso strokovno pomoč in vodenje pri izdelavi raziskovalne naloge. Hvala za vse nasvete, mnenja, ideje in rešitve.

Velika zahvala gre tudi staršem, ki so nas spodbujali pri delu.

Posebno pa se zahvaljujemo ravnateljici Simoni Črep in s tem Srednji šoli za strojništvo, mehatroniko in medije za finančno pomoč pri izdelavi naloge.

POVZETEK

V sodobnem času se je izobraževanje močno digitaliziralo, zato preživijo udeleženci izobraževanja veliko časa za ekranom, kar pa lahko postane hitro dolgočasno. Cilj raziskovalne naloge je bil izdelati način prikazovanja vsebin v učnem procesu, ki je zanimivejši in omogoča uporabniku, da se natančneje poglobi v prikazano dogajanje. Pred odločitvijo, da izdelamo hologram, smo pregledali že obstoječe možnosti tridimenzionalnega prikazovanja in poiskali dokumentirane procese izdelave holograma, kot smo ga želeli izdelati sami. Tako smo si lažje zastavili načrt. Začeli smo s testiranjem materialov različnih debelin na postopno večjih verzijah prizme in izdelali 3D model v programu Creo Parametric. Ugotovili smo, da so za uspešno izvršitev projekta potrebni dobra organizacija, izbira pravega dobavitelja in timsko delo. Ključnega pomena je tudi dobra razporeditev časa za posamezne dele projekta.

Ključne besede: holografija, hologram, tridimenzionalni prikaz, ekran, prizma

ABSTRACT

In modern times, education has become heavily digitalized, leading participants to spend a lot of time in front of screens, which can quickly become boring. The aim of the research was to develop a method of presenting content in the learning process that is more engaging and allows the user to delve more deeply into the displayed events. Before deciding to create a hologram, we reviewed existing options for three-dimensional display and searched for documented processes of hologram creation, as we wanted to make one ourselves. This helped us to plan more effectively. We started by testing materials of different thicknesses on progressively larger versions of the prism and created a 3D model in the Creo Parametric program. We found that successful project execution requires good organization, selecting the right supplier, and teamwork. It is also crucial to allocate time properly for each part of the project.

Keywords: holography, hologram, three-dimensional display, screen, prism

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	RAZISKOVALNE HIPOTEZE.....	1
1.2	NAMEN NALOGE	1
1.3	PREDSTAVITEV PROBLEMA	2
1.4	CILJ NALOGE	2
1.5	PREGLED LITERATURE.....	2
2	TEORETIČNI DEL	3
2.1	DEFINICIJA HOLOGRAFIJE.....	3
2.2	ZGODOVINA HOLOGRAMA IN HOLOGRAFIJE	3
2.3	TEHNOLOGIJE	5
2.3.1	»Pepper Ghost«	5
2.3.2	Ventilatorji.....	6
2.3.3	Dim	7
2.3.4	Fizični hologrami.....	7
2.3.5	Droni.....	8
2.3.6	Ujeti delci	9
2.3.7	Prizma.....	10
2.4	UPORABA	11
2.4.1	Holografski zasloni razširjene resničnosti.....	11
2.4.2	Holografska teleprisotnost.....	11
2.4.3	Holografski optični elementi (Holographic Optical Elements – HOEs)	13
2.4.4	Zajem gibanja	13
3	HOLOGRAM S POMOČJO PRIZME	15
3.1	ZAKAJ SMO IZBRALI PRIZMO	15
3.2	VELIKOST IN OBLIKA.....	16
3.3	MATERIALI	18

3.4	IZDELAVA PRIZME.....	19
3.5	VSEBINA VIZUALIZACIJE.....	22
3.6	IZDELAVA HOLOGRAMSKE PRIZME.....	24
3.6.1	Razdelitev funkcij.....	24
3.7	POTRDITVE HIPOTEZ.....	35
	Hipoteza 1	35
	Hipoteza 2	35
	Hipoteza 3	35
	Hipoteza 4	35
3.8	VIZIJA ZA PRIHODNOST	36
4	ZAKLJUČEK.....	38
5	VIRI IN LITERATURA	39

KAZALO SLIK

Slika 1:	»Pepper's ghost«.....	6
Slika 2:	Ventilatorji	7
Slika 3:	Dim.....	7
Slika 4:	Fizični hologram	8
Slika 5:	Droni	9
Slika 6:	Hologram iz ujetih delcev	10
Slika 7:	Računalniška skica prosojne prizme	10
Slika 8:	Člani skupine ABBA v oblekah za zajem gibanja	14
Slika 9:	Ploskev prizme za telefon	16
Slika 10:	Ploskev prizme za tablični računalnik.....	17
Slika 11:	DREAMOC DIAMOND	18
Slika 12:	Polikarbonatno (levo) in pleksi steklo (desno).....	18

Slika 13: Hologram pri različnih debelinah ploskev	19
Slika 14: Postopek izdelave hologramske prizme	20
Slika 15: Problem sekundnega lepila.....	21
Slika 16: Zobotrepci kot začasna podpora.....	21
Slika 17: Program Rokoko Studio	22
Slika 18: Izgled videa, na sredino katerega postavimo prizmo	23
Slika 19: Testiranje obleke za zajem gibanja	23
Slika 20: Gantt diagram.....	24
Slika 21: Dostavljeno naročeno pleksi steklo.....	25
Slika 22: Pregled načrta pred začetkom dela.....	26
Slika 23: Izbira materialov	26
Slika 24: Izbor nabranih vijakov, podložk in matic.....	27
Slika 25: Vrtanje lukenj.....	27
Slika 26: Rezanje materialov	28
Slika 27: Končani kotniki	28
Slika 28: Sestavljena prizma	29
Slika 29: Del konstrukcije	29
Slika 30: Ogrodje.....	30
Slika 31: Dodajanje ivernih plošč.....	31
Slika 32: Dodajanje foreksa.....	31
Slika 33: Dodajanje foreksa.....	32
Slika 34: Čiščenje konstrukcije	32
Slika 35: Odstranjevanje zaščitne folije	33
Slika 36: Testiranje holograma.....	33
Slika 37: Dodajanje nalepk.....	34

Slika 38: Končni izdelek	34
Slika 39: Priprave na zagovor.....	35
Slika 40: Test za hipotezo 4.....	36
Slika 41: Prikaz z zaslonom (levo) in brez (desno)	36

1 UVOD

Holografija je tehnika, ki omogoča in se uporablja kot metoda ustvarjanja trodimenzionalnih slik in ima širok spekter uporab. Pojavljati se je začela že ob koncu prve polovice 20. stoletja, razvila pa je raznovrstne tehnike. V zadnjih letih je holografija postala privlačna in inovativna tehnologija z raznolikimi aplikacijami v različnih področjih. Od zabave in umetnosti do medicine in varnosti so hologrami revolucionirali način, ki nam omogoča interakcijo z vizualnimi informacijami in njihovo zaznavanje. V raziskovalni nalogi si prizadevamo raziskati holografske tehnologije, njene osnove, aplikacije in napredke. Z analizo evolucije holografije in njenih trenutnih zmogljivosti najnovejše tehnologije želimo osvetliti potencialne prihodnje razvoje ter posledice te fascinantne tehnologije. Prav tako pa te tehnike raziskati, eno izmed njih izdelati ter proučiti, kakšne so njene zmožnosti in uporabnosti.

1.1 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

V začetnih fazah raziskovalne naloge smo določili štiri hipoteze, za katere predpostavljamo, da jih bomo z raziskavo potrdili.

Hipoteza 1: Različne debeline prosojnega materiala vplivajo na kakovost prikazanega holograma.

Hipoteza 2: Obstajajo različne tehnologije prostorskega prikazovanja.

Hipoteza 3: Hologram lahko prikazujemo v realnem času.

Hipoteza 4: Hologram lahko združujemo z ostalimi tehnikami prikazovanja.

1.2 NAMEN NALOGE

Namen raziskovalne naloge je raziskati, kako hologrami delujejo, kaj nam sodobna tehnologija omogoča in kakšni so njihovi možni načini uporabe. S tem bi lahko našli načine, da holograme vključimo v vsakdanje življenje, predstavimo njihovo uporabno vrednost in tudi drugim ustanovam, kot so muzeji, šole ipd., predstavimo, kako lahko izstopajo od konkurence in na zanimivejše načine predstavijo svojo vsebino.

1.3 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Glavni problem je poiskati tehnologijo, ki bi bila cenovno dostopna, hkrati pa tudi dovolj zmožna, da lahko doseže tržne namene tistih, ki bi se jo odločili uporabljati. Slednje bi pomagalo pri predstavitvi določenih izdelkov, storitev, dogodkov, tehnologij.

1.4 CILJ NALOGE

Cilj naloge je izdelati več hologramov različnih velikosti in preizkusiti, v kakšnih okoljih ter s kakšno vsebino delujejo najboljše. Prav tako tudi raziskati, kakšni hologrami že obstajajo, kakšne so njihove zmožnosti in razsežnosti ter kje in kako jih lahko uporabljamo.

1.5 PREGLED LITERATURE

Za začetek smo zbrali in pregledali literaturo, da smo lahko raziskali, kakšne so naše možnosti za izdelavo holograma. Poiskali smo pomembne podatke, da smo lahko izvedeli, kako so se holografija in z njo tudi hologrami razvijali ter kaj je do danes že bilo narejenega na tem področju. Tako smo pridobili informacije, ki so nam pomagale pri nadaljnjem delu.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 DEFINICIJA HOLOGRAFIJE

Holografija je tehnika, ki omogoča in se uporablja kot metoda ustvarjanja trodimenzionalnih slik in ima širok spekter drugih uporab.

V osnovi je hologram posnetek infrardečega vzorca, ki lahko reproducira trodimenzionalno svetlobno polje. Poznamo holograme, ki so ustvarjeni z zajemanjem svetlobe iz resničnega prizora ali pa ga ustvari računalnik. Računalniško ustvarjeni hologrami lahko prikazujejo virtualne predmete ali prizore. Optične holograme pa lahko ustvarimo na različne načine.

[11]

2.2 ZGODOVINA HOLOGRAMA IN HOLOGRAFIJE

Beseda »hologram« izvirja iz grške besede »holo«, ki pomeni celota, in »gramma«, ki pomeni sporočilo. Sestavljene besede torej pomenijo celoten zapis.

Prvo idejo za hologram je leta 1948 zasnoval fizik Dennis Gabor, s katero je želel predmete posneti v vseh treh dimenzijah. Ugotovil je, da glede na obliko predmeta nekateri svetlobni valovi, ki se odbijejo od trodimenzionalnega predmeta, potrebujejo več časa in snemalni film dosežejo z zamikom.

To se v fiziki imenuje fazni zamik. Prve holograme je izdelal s svetlobo živosrebrne svetilke, ki jo je z zaslonko oblikoval v zelo tanek curek. Toda svetlobni curek ni bil dovolj konstanten, zato so bili njegovi hologrami slabe kakovosti.

Rešitev je prišla leta 1960, ko so v Bellovih laboratorijih iznašli laser. To je bilo pomembno, saj se laserji razlikujejo od drugih svetil po monokromatičnosti (oddajanje svetlobe samo ene frekvence), koherentnosti (prostorske in časovne enakosti), usmerjenosti in intenzivnosti. Laserji s svetlobo vzbudijo atome v aktivni snovi. Elektroni se prestavijo na višjo energijsko raven in skozi aktivno snov poleti foton, ob tem pa vsi elektroni v trenutku preskočijo na nižjo energijsko raven. Vsak elektron pri tem odda foton, ki pa ima za holograme zelo pomembno enakovalovno dolžino kot vsi drugi.

Tehnologija, ki jo je zasnoval Dennis Gabor, se je izkazala za pravilno. Laserski žarek najprej razdelijo na dva dela. Eden se odbije od trodimenzionalnega predmeta in nato potuje do snemalnega filma, pri čemer se odbiti žarki od enega do drugega mesta rahlo svetlobno razlikujejo, drugi pa potuje naravnost do snemalnega filma, ki ga po osvetlitvi razvijejo tako

kot pri klasični fotografiji. Prednost te tehnologije pred navadno tehniko je, da se informacije ne izgubijo. Svetloba namreč vsebuje podatke o fazi (razdalja med dvema točkama na krivulji) in amplitudi valovanja. Pri tradicionalni fotografiji se podatek o fazi izgubi.

Zanimivost takšnih hologramov je, da če ga prerežemo na pol, bosta obe polovici dajali celotno podobo. Ker pa infrardeči vzorci drug drugega krepijo, ne moremo tega početi v nedogled, saj podoba postane nejasna. Ko hologram prerežemo, se zmanjša tudi naše vidno polje in če glavo preveč premaknemo v eno smer z namenom, da bi videli objekt tudi z druge strani, objekta posledično preprosto ne bomo več videli.

Dandanes pa se je holografija razširila na več področij. Uporablja se v digitalni holografski mikroskopiji za shranjevanje podatkov. Medtem ko CD-ji, DVD-ji in trdi diski uporabljajo samo svojo površino za shranjevanje podatkov, lahko s pomočjo laserjev shranimo podatke v trodimenzionalnem prostoru. Holografični prostori za shranjevanje imajo visoko hitrost prenosa (do 1 gigabajta na sekundo), so ponovno zapisljivi, vzdržljivi (zdržijo do približno 50 let) in imajo visoke kapacitete (približno 1 terabajt na kvadraten inch). Seveda pa imajo nekaj slabosti. Ena izmed slabosti je, da lahko nekateri sodobni trdi diski konkurirajo s to tehnologijo, druga pa, da ko hočemo ponovno dostopati do točno določenih podatkov, morajo laserji posvetiti na točno mesto pod istim kotom, kot takrat ko so bili podatki zapisani. Če je kot laserja le za 1/1000 mm drugačen, podatkov ne bomo dobili. [22]

Hologrami se uporabljajo tudi kot varnostni elementi, ki učinkovito onemogočajo ponarejanje. Najdemo jih na bankovcih, kreditnih karticah, osebnih dokumentih, vrednostnih papirjih, urah, dragih avtomobilih in še kje. Prvi izdelek na svetu, ki je bil zavarovan s hologramom, je bil viski Johnny Walker. Kupci so cenili originalnost izdelka, zato se je prodaja kmalu močno povečala. Za tem pa so sledile kreditne in plačilne kartice, kot sta Visa in Mastercard, ki pa ocenjujeta, da s pomočjo holograma na leto privarčujeta okoli 110 milijonov dolarjev, kolikor bi bilo škode zaradi ponarejenih kartic. S pomočjo hologramov so podjetja, kot so Nestle in Microsoft, odkrila in ustavila ponarejevalce.

Uporablja pa se tudi v zabavni industriji. Leta 2007 so v japonskem podjetju Crypton Future Media razvili glasbeni softwear, ki ustvarja virtualne koncerte pred občinstvom. Ustvarili so glasbeno pop ikono Hatsune Miku, ki ima danes na milijone oboževalcev. Leta 2012 so jo s pomočjo hologramskih tehnik in računalniško generiranih posnetkov predvajali pred občinstvom.

2.3 TEHNOLOGIJE

Holograme lahko ustvarimo s pomočjo različnih tehnologij, ki pa imajo vsaka svoje prednosti in slabosti, kot so na primer cenovni razred in kakovost končnega prikaza. V nadaljevanju je predstavljenih nekaj tehnologij, ki se uporabljajo za holograme, kar dokazuje našo hipotezo, da obstajajo različne tehnologije prostorskega prikazovanja.

2.3.1 »Pepper Ghost«

»Pepper ghost« je tehnika, ki jo je kot prvi opisal italijanski znanstvenik Giambattista della Porta v knjigi »How we may see in a Chamber things that are not« oziroma v prevodu »Kako lahko vidimo stvari v komori, ki tam niso«.

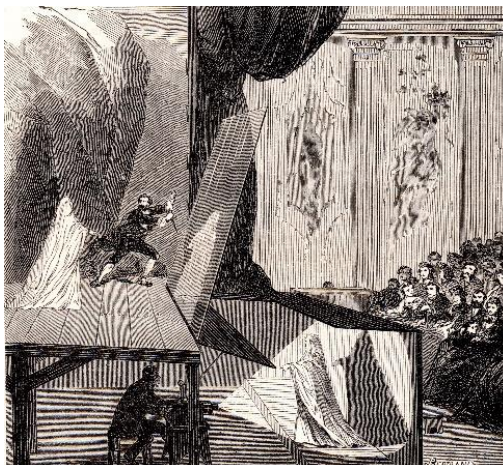
To je opisal kot: »Soba, v katero ne pride nobena druga svetloba, razen ob vratih ali oknu, kamor gleda gledalec. Celotno okno ali njegov del mora biti iz stekla, kot običajno delamo, da preprečimo mraz. Toda naj bo en del poliran, da bo lahko na obeh straneh povečevalno steklo, kamor mora gledalec pogledati. Za ostalo ne storite ničesar. Naj bodo ob tem oknu slike, marmorni kipi in podobno. Za tisto, kar je zunaj, se bo zdelo, da je znotraj, in kar je za gledalčevim hrbtom, bo mislil, da je sredi hiše, tako daleč od stekla navznoter, kot stojijo od njega navzven, mislil bo, da ne vidi nič drugega kot resnico. Toda da ne bi bila večšina znana, naj bo del narejen tako, kjer je ornament, da ga gledalec ne vidi. In če to stori iznajdljiv človek, je nemogoče, da bi mislil, da je prevaran.«

Ta tehnika se je začela uporabljati v gledališčih leta 1862, ko je znanstvenik John Henry Pepper prvič uporabil ta učinek, kar je povzročilo popularnost iger na temo duhov, in se uporablja še danes. Deluje tako, da je oder razdeljen v dve sobi. V prvo lahko gledalci vidijo, druga pa je skrita ob strani. Steklена plošča (ali drugi materiali, ki so dovolj odbojni in prozorni, kot na primer pleksi steklo ali plastična folija) je postavljena nekje v prvi sobi pod kotom, ki odraža pogled druge sobe proti občinstvu. Če se osvetlitev v drugi sobi zmanjša, bo izgledalo, kot da projiciran duh zbledi in izgine. [19]

Eden izmed popularnejših izvedb je bil koncert Snoop Dogga in Tupaca leta 2012. Pri tem so uporabljali računalniško renderiran video, tanko prozorno plastično folijo (10 x 4 m), ki so jo spustili nagnjeno pod kotom nad oder. Slika, ki je bila vidna na foliji, je prišla izpod odra in je bila projicirana z visokoločljivostnim projektorjem in ogledali pod odrom. Pri tem so morali biti tehniki luči še posebej pozorni, da ni odrska osvetlitev posvetila na folijo in gledalcem izdala iluzije. Večina svetlobe iz projektorja je prešla skozi folijo, nekaj odstotkov pa se je odbilo od sprednje in zadnje površine. Kljub temu da ta efekt po navadi deluje kot

dvodimenzionalen, je iluzija vseeno uspela, saj so bili gledalci predaleč, da bi lahko to opazili, in kot se je strinjalo tudi občinstvo, so imeli občutek, kot da je bil Tupac res pred njimi. [5] [14] [26]

Prednosti te tehnologije je zagotovo razmerje med ceno in kakovostjo, saj za malo denarja dobimo prikaz visoke kakovosti.



Slika 1: »Pepper's ghost«

(Vir: <https://en.wikipedia.org>)

2.3.2 Ventilatorji

Ta tehnologija producira iluzijo trodimenzionalnih predmetov, ki lebdi v zraku. Vsebuje ventilator, opremljen z RGB LED trakovi, in kontrolno enoto, ki med vrtenjem prižiga in spreminja barve LED svetil, da producira sliko. Ventilator se vrti s hitrostjo dovolj visoko, da postane navidezno neviden človeškemu očesu, tako dobimo iluzijo animiranega 3D predmeta s transparentnim ozadjem. Glavni namen holografskih ventilatorjev je oglaševanje v trgovinah, letališčih in drugih javnih površinah.

Da dosežemo kakovost 1080 px, potrebujemo na ventilatorju štiri roke, z 256 LED svetili na vsaki. Tako dobimo površino z 0,2 milijonov px ($256 \times 2 \times \pi$). Standardna resolucija 1080 p pa ima površino 2,1 milijona px (1080×1920). Torej, da dosežemo željeno resolucijo, potrebujemo 818 LED svetil na vsaki roki.

Holografski ventilatorji se v glavnem uporabljajo za oglaševanje v javnih prostorih, kot so nakupovalni centri, letališča in sejmi. [1]



Slika 2: Ventilatorji

(Vir: <https://www.smaxscreen.com>)

2.3.3 Dim

Nekateri hologrami uporabljajo dim, na katerega se projicira slika. Pri tej tehniki potrebujemo konstanten tok dima in projektor. Za najboljše rezultate je pomembno, da je tok dima laminaren, torej da se delci gladko premikajo mimo sosednjih plasti z nič do malo mešanja. To dosežemo s tem, da je naš tok dima čim bolj usmerjen in da nanj ne vplivajo drugi toki (na primer veter). Nekateri so za boljše rezultate v tok dima skrili steklo oziroma folijo, podobno kot pri »Pepper ghost« tehniki. [16]



Slika 3: Dim

(Vir: <https://www.smaxscreen.com>)

2.3.4 Fizični hologrami

Medtem ko razne aplikacije uporabljajo GUI (grafični uporabniški vmesnik), katerega naloga je, da se hitro spreminja in prilagaja različni vsebini in kontekstu, so pri izdelavi fizičnega holograma razmišljali o TUI (otipljiv grafični vmesnik), ki izkoriščajo del svoje fizične oblike. Toda TUI so omejeni z njihovo statično naravo in ne morejo zlahka

spreminjati svoje oblike. Zato je prednost fizičnega holograma prav v tem, da združuje dinamičnost GUI in fizično obliko TUI. Takšni hologrami lahko spreminjajo obliko, velikost in orientacijo, poleg tega pa se lahko pojavijo ter izginejo. Gumbi se lahko na primer povečajo ali pa se umaknejo s poti. Lahko pa tudi interagirajo s fizičnimi predmeti, tako da jih potisnejo in se začnejo kotaliti ter jih nato dvignejo. Med testiranjem so uporabljali na primer telefone, ki jih je hologram dvignil in obrnil proti uporabniku, da je nanje opozoril, ko so dobili sporočilo ali klic. Uporabljali pa so jih tudi za prikazovanje podatkov, s katerimi lahko interagiramo, kot na primer da določene podatke skrijemo ali pa jih primerjamo. Tako podatki dobijo obliko, številke postanejo fizične in trendi določenih podatkov se prikažejo kot gradient. Nekateri verjamejo, da lahko ta način ljudem omogoči hitro učenje in absorbiranje podatkov ter prinese spremembo v tem, kako se učijo. [6] [17]



Slika 4: Fizični hologram
(Vir: <https://www.leithinger.com>)

2.3.5 Droni

Tehnika, znana tudi kot svetlobna predstava, je ustvarjena z osvetljenimi in sinhroniziranimi skupinami dronov, ki se na ukaz razporedijo v različne formacije in tvorijo trodimenzionalne objekte. Ti droni še zaenkrat kljub popularnosti umetne inteligence ne morejo razmišljati sami, ampak le sledijo ukazom, ki prihajajo iz računalnika. Računalnik namreč pretvori grafike v ukaze za letenje. Grafike so lahko tudi animirane in s pomočjo programa se animacije pretvorijo v poti letenja, pri čemer je popularno tudi dodajanje zvočne podlage. Ukazi so dronom poslani preko radijskega signala iz nadzorne postaje, s katero opravlja pilot. Pred začetkom se mora ekipa prepričati, da je vse varno in pravilno pripravljeno (operativni droni, polne baterije in prosto območje letenja). Nadzorna postaja opravlja tudi nalogo nadzora varnosti, saj preko lokalnega in šifriranega omrežja spremlja vsak dron.

Dandanes so ognjemeti vse bolj kritizirani zaradi negativnega vpliva na okolje (hrup, onesnaževanje, finančni zalogaj). Zato so jih v nekaterih primerih že zamenjali z droni, ki so odlično dopolnilo. Poleg tega mnogi menijo, da se ognjemeti vedno znova ponavljajo in le spreminjajo barvo, droni pa zaradi svoje dinamičnosti ponujajo skoraj neomejene možnosti. Predstave z droni so se skozi leta že razvile in postajajo vse cenejše. Poleg tega pa je bilo veliko izboljšanja na področju varnosti v tem, da so stvari, kot so programe in začetne pozicije dronov, avtomatizirali in izničili faktor človeške napake. [27]

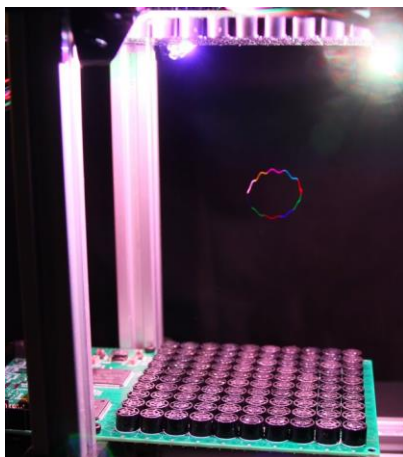


Slika 5: Droni

(Vir: <https://www.guinnessworldrecords.com>)

2.3.6 Ujeti delci

Verjetno je najzanimivejša oblika hologramov takšna, ki jo sestavljajo majhne kroglice iz polistirena, LED luči in 512 majhnih zvočnikov, ki proizvajajo ultrazvok. Zaradi ultrazvoka lahko kroglica lebdi v zraku. Z manipuliranjem ultrazvoka pa se kroglica premika in izrisuje določeno trodimenzionalno obliko. Pot kroglice osvetlijo LED luči in zaradi hitrosti premikanja jo vidimo kot hologram. To pomeni, da mora kroglica izrisati celoten objekt v manj kot 0,1 sekunde, torej hitreje kot mežikanje. Ker lahko z ultrazvokom natančno kontroliramo pot kroglice, lahko vsako naslednjo pot za malo spremenimo in dobimo animiran hologram. Ta iluzija je primerljiva s tisto, ki so jo uporabljali v »flipbook« animacijah. [12]

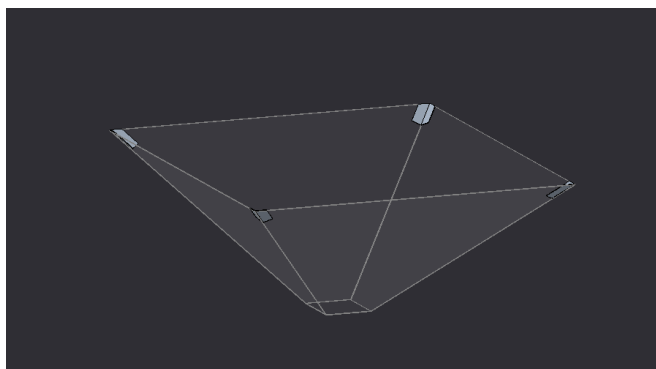


Slika 6: Hologram iz ujetih delcev
(Vir: <https://www.youtube.com>)

2.3.7 Prizma

V osnovi deluje holografski prikaz v prizmi tako, da zaslon visoke resolucije projicira vsebino na steklo s posebnim premazom oziroma na posebno vrsto stekla. Ko je steklo postavljeno pod določenim kotom, se vsebina odbije in ustvarjena je iluzija, ki jo naši možgani interpretirajo kot trodimenzionalno.

Lahko jih uporabljamo v različnih ustanovah in panogah, kjer je potrebno posredovati določene informacije na jasen in zabaven način. Poleg tega, da hologramske prizme pritegnejo pozornost, lahko sporočajo tudi zapletene zgodbe. V prizme lahko postavimo tudi izdelke in jih združimo v del zgodbe tako, da na vrh fizičnih predmetov projiciramo prekrivno animacijo, ki ustvari mešano resničnost.



Slika 7: Računalniška skica prosojne prizme
(Vir: Osebni arhiv)

2.4 UPORABA

2.4.1 Holografski zasloni razširjene resničnosti

Hologrami sami po sebi zagotavljajo trodimenzionalni učinek, če pa jih uporabimo v sistemu razširjene resničnosti, je mogoče ustvariti bolj interaktivno in poglobljeno storitev.

Razširjena resničnost je tehnologija, ki združuje okolje resničnega življenja in digitalne elemente. V zadnjih letih postaja vedno bolj priljubljena zaradi hitrega napredka računalniškega vida, grafike in strojne opreme. Razširjena resničnost ima potencial, da spremeni način interakcije med posamezniki in digitalno vsebino. Eden izmed najbolj obetavnih je holografski zaslon razširjene resničnosti.

Ti zagotavljajo bolj poglobljeno izkušnjo v primerjavi s tradicionalnimi zasloni razširjene resničnosti. Namesto projiciranja digitalnih elementov na prozorno površino holografski zasloni projicirajo svetlobo v resnični svet, da ustvarijo iluzijo tridimenzionalnih objektov. To ustvarja naravnejši občutek interakcije z digitalno vsebino in se lahko uporablja na različnih področjih, vključno z zabavo, izobraževanjem in drugimi industrijami. Z vse večjim sprejemanjem holografskih zaslonov razširjene resničnosti v avtomobilskem sektorju se pričakuje, da bo svetovni trg holografskih zaslonov v naslednjih letih doživel izrazito rast. Pričakuje se, da bo trg ustvaril večmilijonski prihodek. Glavni igralci na trgu so Visteon Corporation, Sygic, Continental AG, DigiLens Inc. in mnogi drugi.

Holografski zasloni uporabljajo kombinacijo zgoraj opisanih holografskih in digitalnih tehnologij za projiciranje trodimenzionalnih slik v realno okolje. Zaslon projicira svetlobo, ki pa se nato zlomi na transparentnem materialu, da ustvari trodimenzionalno sliko. To sliko je mogoče gledati iz več zornih kotov, kar daje iluzijo trdnega predmeta, ki lebdi v zraku.

Zaslon vsebuje tudi senzorje in kamere, ki spremljajo uporabnikov položaj ter smer pogleda. Te informacije se uporabljajo za prilagoditev projekcije holografske slike, s čimer se zagotovi, da ostane v pravilnem položaju in orientaciji, saj uporabniku ustvari resnično poglobljeno izkušnjo, ki mu omogoča interakcijo s holografskimi predmeti, kot da bi bili resnični. [20]

2.4.2 Holografska teleprisotnost

Tradicionalno sejno sobo podjetja je zdaj mogoče preoblikovati v holografsko sejno sobo, ki občinstvu na eni lokaciji omogoča ogled in interakcijo s prijatelji ter sodelavci iz različnih pisarn. Podobno se lahko izvaja univerzitetno predavanje z občinstvom, zbranim v učilnici

ali avditoriju, medtem ko predavatelj podaja sporočilo iz svoje pisarne. Tehnologija »HoloPresence« v realnem času služi kot idealna rešitev za nastope v živo, kot so koncerti, novinarske in medijske konference ali politični dogodki, kjer je interakcija občinstva ključnega pomena, tudi če fizična prisotnost ni vedno mogoča.

Tehnologija holografske teleprisotnosti je inovacija, ki omogoča realistične, tridimenzionalne predstavitve ljudi ali predmetov, ne glede na njihovo fizično oddaljenost, kar olajša komunikacijo in interakcijo v realnem času. Ta tehnologija združuje napredek v računalniški grafiki, optiki in prenosu podatkov za ustvarjanje barvnih hologramov visoke ločljivosti, ki jih je mogoče gledati iz katerega koli kota brez potrebe po posebnih očalih. Ključne komponente holografskih sistemov teleprisotnosti vključujejo naprave za trodimenzionalen zajem, kot so kamere za zaznavanje globine, senzorji, holografski zasloni ali projektorji ter omrežja za prenos podatkov z visoko hitrostjo.

Holografska teleprisotnost ima potencial za revolucijo v načinu komuniciranja in sodelovanja posameznikov in organizacij na daljavo. Z zagotavljanjem poglobljene trodimenzionalne predstavitve udeležencev lahko holografska teleprisotnost omogoči privlačnejše in interaktivnejše sestanke, konference in predstavitve na daljavo ter izboljša sodelovanje na področjih, kot so izobraževanje, zdravstvo in zabava.

Ideja teleprisotnosti, koncept simulacije fizične prisotnosti s pomočjo tehnologije, se je začela v zgodnjih videokonferenčnih sistemih, razvitih v šestdesetih letih prejšnjega stoletja. Ti sistemi so omogočili avdio in video komunikacijo v realnem času med oddaljenimi udeleženci, s čimer so postavili temelj za sodobne rešitve teleprisotnosti. Skozi čas so se razvile tehnologije, pomembne za razvoj teleprisotnosti, kot so trodimenzionalni zajem (razvoj kamer za zaznavanje globine, senzorjev LiDAR in algoritmov računalniškega vida, ki je omogočil natančen zajem in rekonstrukcijo trodimenzionalnih prizorov v realnem času), tehnologija holografskega prikaza, visokohitrostni prenos podatkov (uvedba hitrih komunikacijskih omrežij, kot so 5G in povezave z optičnimi vlakni, je zagotovila potrebno pasovno širino za prenos velikih količin holografskih podatkov z nizko zakasnitvijo) in tehnike stiskanja in kodiranja (napredek pri algoritmih stiskanja podatkov in kodiranja je omogočil učinkovit prenos ter shranjevanje holografskih podatkov brez znatne izgube kakovosti).

Danes je tehnologija holografske teleprisotnosti še vedno v zgodnjih fazah razvoja, pri čemer več podjetij in raziskovalnih ustanov aktivno dela na izboljšanju kakovosti, cenovne dostopnosti in uporabnosti teh sistemov. Kljub pomembnemu napredku v zadnjih letih se

tehnologija holografske teleprisotnosti še vedno sooča z izzivi, povezanimi s kakovostjo slike, kompleksnostjo sistema in stroški. Vendar se pričakuje, da bodo tekoča prizadevanja za raziskave in razvoj obravnavala te izzive ter utrla pot za širšo uporabo holografske teleprisotnosti v različnih panogah. [3] [28]

2.4.3 Holografski optični elementi (Holographic Optical Elements – HOEs)

Holografski optični elementi so optične komponente (kot so ogledala, leče itd.), ki proizvajajo holografske slike z uporabo načel uklona. HOE se najpogosteje uporablja v transparentnih zaslonih, trodimenzionalnem slikanju in nekaterih tehnologijah skeniranja. Oblika in struktura HOE sta odvisni od dela strojne opreme, za katerega je potreben. Zgodnji koncepti holografskega optičnega elementa segajo v sredino leta 1900. HOE se uporablja za trodimenzionalno vizualizacijo in prikazovanje, vendar sta cena in kompleksnost naprave ovirala hiter razvoj. HOE pri razvoju razširjene resničnosti uporabljajo tudi podjetja, kot je Google z Google Glass. Poleg tega je sposobnost HOE, da omogoča transparentne zaslone, pritegnila pozornost ameriške vojske pri razvoju boljših zaslonov, ki se uporabljajo za prikaz ključnih informacij za pilote letal. [10]

2.4.4 Zajem gibanja

Zajem gibanja je postopek snemanja gibanja predmetov ali ljudi. Obstaja več tehnologij zajemanja, kot so magnetno, mehansko in optično (ki je tudi najpogostejše). Pri zajemu gibanja se na igralca namestijo senzorji. Ti spremljajo in snemajo njihovo gibanje, kar jim omogoča, da se v realnem času preslikajo na računalniški zaslon kot navidezni okostnjak. Posnete informacije se nato prenesejo na digitalne dvo- ali trodimenzionalne modele. Ti modeli bi se nato projicirali v prizmi in tako bi lahko nekdo na daljavo predaval ali pa se vključil v sestanek.

Zajem gibanja je leta 2022 uporabila tudi legendarna skupina ABBA ob njihovi 40. obletnici na turneji ABBA Voyage. Člani skupine so med razvojnim procesom nosili obleke za zajem gibanja. V petih tednih so posneli dvaindvajset pesmi, za kar so potrebovali okoli 160 kamer. Koreografija je temeljila na resničnih gibih članov skupine. Na njihove posnete gibe so nato prilepili mlajše različice članov skupine, imenovane ABBA-tarji. [2]



Slika 8: Člani skupine ABBA v oblekah za zajem gibanja
(Vir: <https://www.huffingtonpost.co.uk>)

3 HOLOGRAM S POMOČJO PRIZME

3.1 ZAKAJ SMO IZBRALI PRIZMO

Pri pregledovanju možnih tehnologij, ki so bile na voljo, smo pozornost posvečali predvsem izvedljivosti in kakovosti samega holograma. Ugotovili smo, da je pri cenejših hologramih glavni problem v kakovosti in iluziji trodimenzionalnosti, ki lahko deluje dvodimenzionalno, pri dražjih pa je problem prav v ceni in pa tudi času, ki bi ga za to potrebovali.

Zaradi visokih stroškov smo izključili tehnologije, kot so fizični hologrami, droni in ujeti delci, za katere bi potrebovali mnogo denarja in veliko časa za izdelavo. Izključili smo tudi holograme, ki sami po sebi niso bili nekaj posebnega oziroma niso bili zmožni prikazovanja dovolj visoke ločljivosti. Prav tako »Pepper ghost« tehniko, ki je sicer zmožna visoke kakovosti prikaza, a jo lahko gledamo samo iz ene strani. Odpadli so tudi ventilatorji, saj slika, ki jo vidimo, deluje dvodimenzionalno (da dosežemo pravi trodimenzionalen učinek, bi moral opazovalec stati točno pred ventilatorjem), poleg tega pa so pri uporabi glasni in se segrevajo. Potrebno jih je ograditi, saj so, če se jih dotaknemo, lahko nevarni in če se ventilator vrti s hitrostjo 750 rpm in ne hitreje, lahko povzroči še slabost ali omotico. Prav tako pa ni smiselno zgraditi večje verzije, saj je hitrost rotacij rok ventilatorja relativna glede na njihovo velikost (če bi zgradili holografski ventilator človeške velikosti, ki bi se vrтел s 750 rpm, bi se konice rok vrtele s hitrostjo 250 km/h).

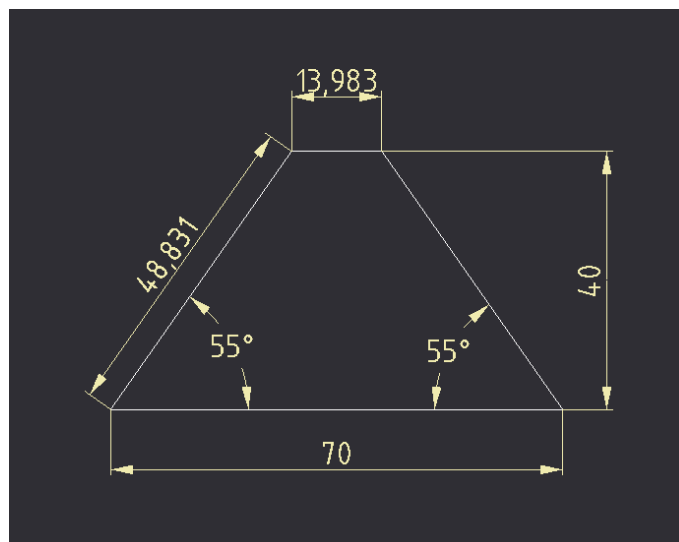
Ko smo se odločali med različnimi možnostmi izvedbe holograma, smo iz različnih razlogov izbrali prizmo. Naš namen je bil narediti učni pripomoček, ki pri predavanjih pomaga ohraniti pozornost s svojo atraktivnostjo. Lahko bi bil uporabljen pri pouku, v muzejih, v zdravstvu in še kje drugje, kjer tridimenzionalni prikaz pripomore k lažji predstavi. Zato smo se na koncu ob pregledu možnosti odločili, da so prizme najboljša rešitev, saj za nizke stroške izdelave dobimo visoko kakovost prikaza, ki ga lahko gledamo z vseh smeri.

Začeli smo z raziskavo možnosti in sestankom, na katerem smo z mentorji predebatirali možne načine izvedbe. Dogovorili smo se, da začnemo testirati z manjšimi prototipi, preden se lotimo glavnega projekta. Če bi vnaprej vedeli, koliko časa vzame dostava stekla za manjše prototipe, bi izbrali drugega dobavitelja ali pa bi preskočili testiranje s telefonom in začeli s tabličnim računalnikom. Sledilo je konstruiranje v programu Creo in sestavljanje seznama potrebnih materialov. Glavna skrb pri načrtovanju velike prizme je bila

obremenjenost materialov in teža celotne konstrukcije. Sledil je še sestanek z ekipo, da smo potrdili vse mere in načrte ter si razdelili delo za končni izdelek.

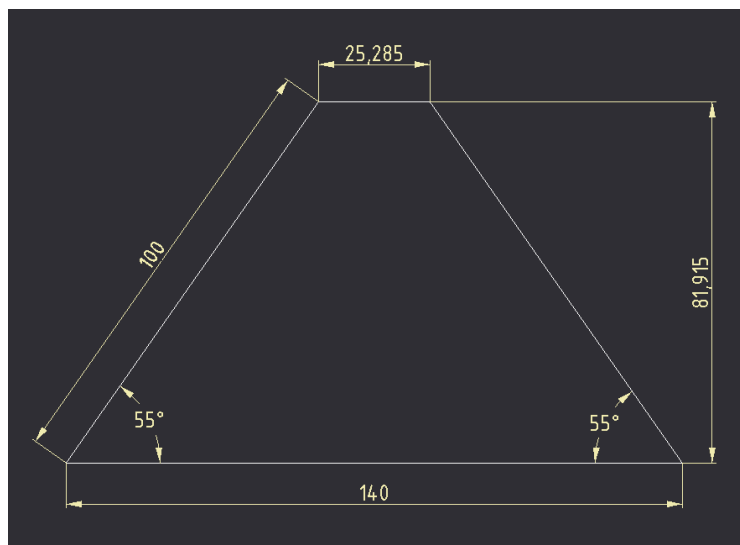
3.2 VELIKOST IN OBLIKA

Prizme smo na začetku zgradili kot prototipe za testiranje materialov, visoke 4 cm in z daljšo stranico 7 cm, da pri testiranju nismo porabili preveč materiala. Strošek materialov nam je pokrila šola, posamezne ploskve pa nam je izrezalo podjetje, ki se ukvarja prav z rezanjem pleksi stekla po meri, kamor smo poslali trodimenzionalne modele ploskev prizme. Druga stopnja je bila izgradnja hologramske prizme za tablični računalnik, visoke 8 cm in z daljšo stranico 14 cm.



Slika 9: Ploskev prizme za telefon

(Vir: Osebni arhiv)



Slika 10: Ploskev prizme za tablični računalnik

(Vir: Osebni arhiv)

Na YouTube kanalu je Arun Maini pred skoraj devetimi leti bil eden izmed prvih, ki je doma izdelal manjšo prizmo, primerno za telefon, podobno naši. Pred dvema letoma pa je ponovno zgradil prizmo, le da je bila ta tokrat kar 3000% večjega volumna kot prejšnja in je za projiciranje videa uporabljal 60 inčni televizor. Izgled je opisal kot veliko boj poglobljen in realen kot v primerjavi z manjšim modelom. [18]

Podjetje REALFICTION™, ki se ukvarja z izdelavo in najemanjem hologramskih prizem, ima na voljo več modelov. Model DREAMOC POP3 ima le eno ploskev, na katero lahko projiciramo, ima pa možnost, da se več teh modelov poveže skupaj in uporabljamo lahko animacijo, ki je raztegnjena čez njih. Nadgradnja tega je model DREAMOC HD3, ki ima tri ploskve namenjene projiciranju. Prednost tega je, da dobimo realnejši občutek trodimenzionalnosti animacije. Pri tem pa je pomembno izpostaviti tudi model DREAMOC XL5, ki je po izgledu skoraj enak HD3, le da ima nadgradnjo zunanega zaslona na dotik, s katerim lahko strankam omogočimo, da spreminjajo določeno vsebino v prizmi in tako izvedo več o podjetju ali izdelku. Potem je tukaj tudi model DREAMOC XXL3 s štirimi ploskvami za projiciranje, izdelan, da deluje štiriindvajset ur na dan. Najzanimivejši model podjetja pa je zagotovo DREAMOC DIAMOND, ki združuje interaktivni zaslon, štiri ploskve za projiciranje, k temu pa dodaja 4K kakovost in po izgledu spominja na diamant. Tako lahko blagovno znamko predstavimo, kot pravijo, na najbolj eleganten način. [21]



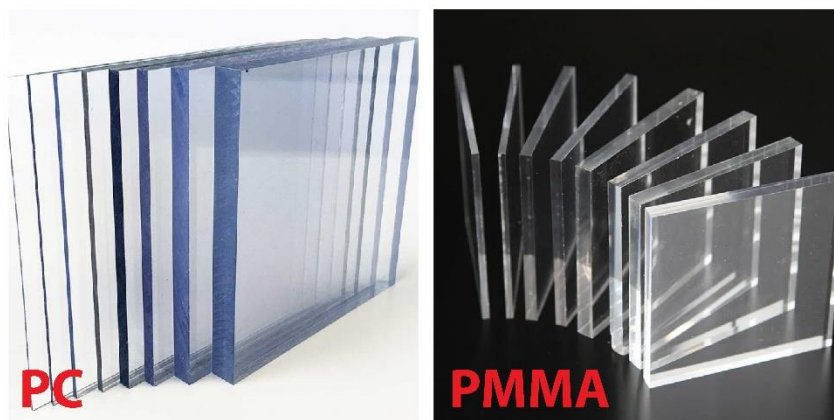
Slika 11: DREAMOC DIAMOND
(Vir: <https://www.realfiction.com>)

3.3 MATERIALI

Hologramska tehnologija, ki smo jo izbrali, deluje na principu refrakcije svetlobe, kar pomeni, da se lahko za prizmo uporabi katerikoli material, ki je dovolj prosojen, da svetloba preide skozenj in hkrati dovolj moten, da se slika na njem vidi.

V raziskavi že izvedenih hologramov so za material, uporabljen za prizmo, izstopali polikarbonat, pleksi steklo in zrcalni film. Na prvi pogled med polikarbonatom in pleksi steklom ni razlik, pri obeh vrstah gre namreč za prozorno plastično maso.

Pleksi steklo (PMMA) je lažje za obdelavo, manj občutljivo na razenje, na voljo v več barvah in strukturah, medtem ko je polikarbonatno steklo (PC) odpornejše na udarce, toploto in gorljivost.

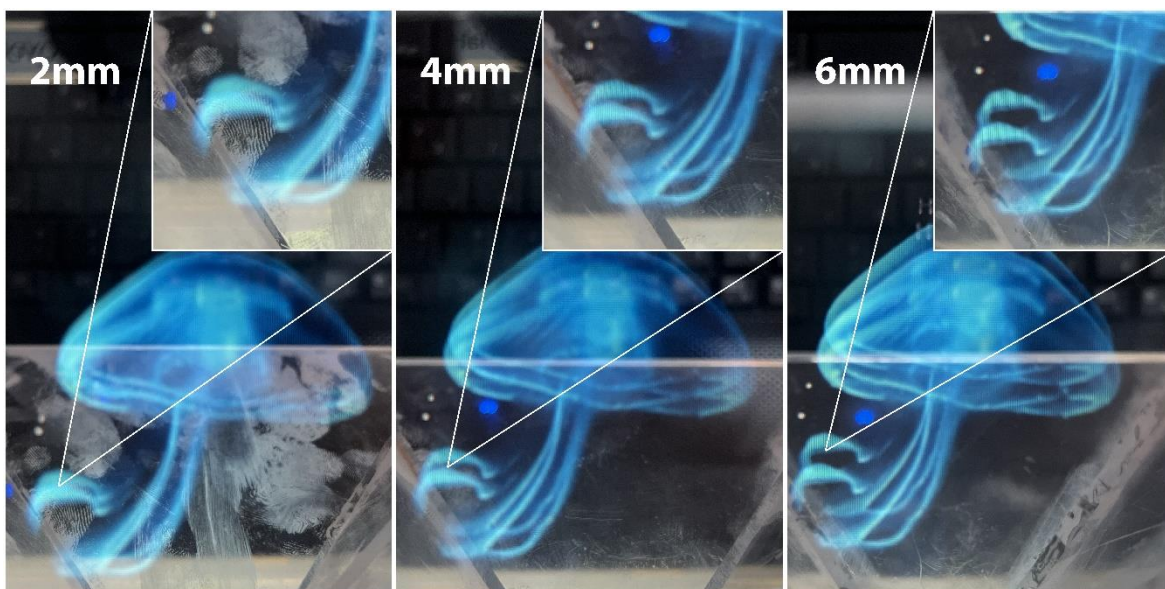


Slika 12: Polikarbonatno (levo) in pleksi steklo (desno)
(Vir: <https://www.tapplastics.com>, <https://www.sabinplastic.com>)

Pleksi steklo je ekonomična alternativa polikarbonatu, ko so natezna trdnost, upogibna trdnost, prosojnost, polirnost in UV odpornost pomembnejše od udarne trdnosti, kemične odpornosti in odpornosti na toploto.

Zrcalni film pa se v večini uporablja le v kino dvoranah s posebnimi efekti ali na razstaviščih za promocijo novih avtomobilov, kjer je potrebna velika slika z visoko resolucijo. Običajno je uporabljen v kombinaciji s 4K ali več projektorji.

Zaradi cene, fizikalnih sposobnosti in dostopnosti smo se odločili za pleksi steklo. Začeli smo z vzorci debeline 2,4 in 6 mm. Prototipi so bili majhni, testirali smo jih s telefonom in Youtube videi, narejenimi prav za namen hologramov s štiristranimi prizmami. Ugotovili smo, da tanjša kot je plošča, skozi katero prehaja slika, boljše je. Pri debelinah 4 in 6 mm se je namreč projicirana slika začela podvajati. To velja tudi za večje prototipe, ki smo jih naredili za tablice.

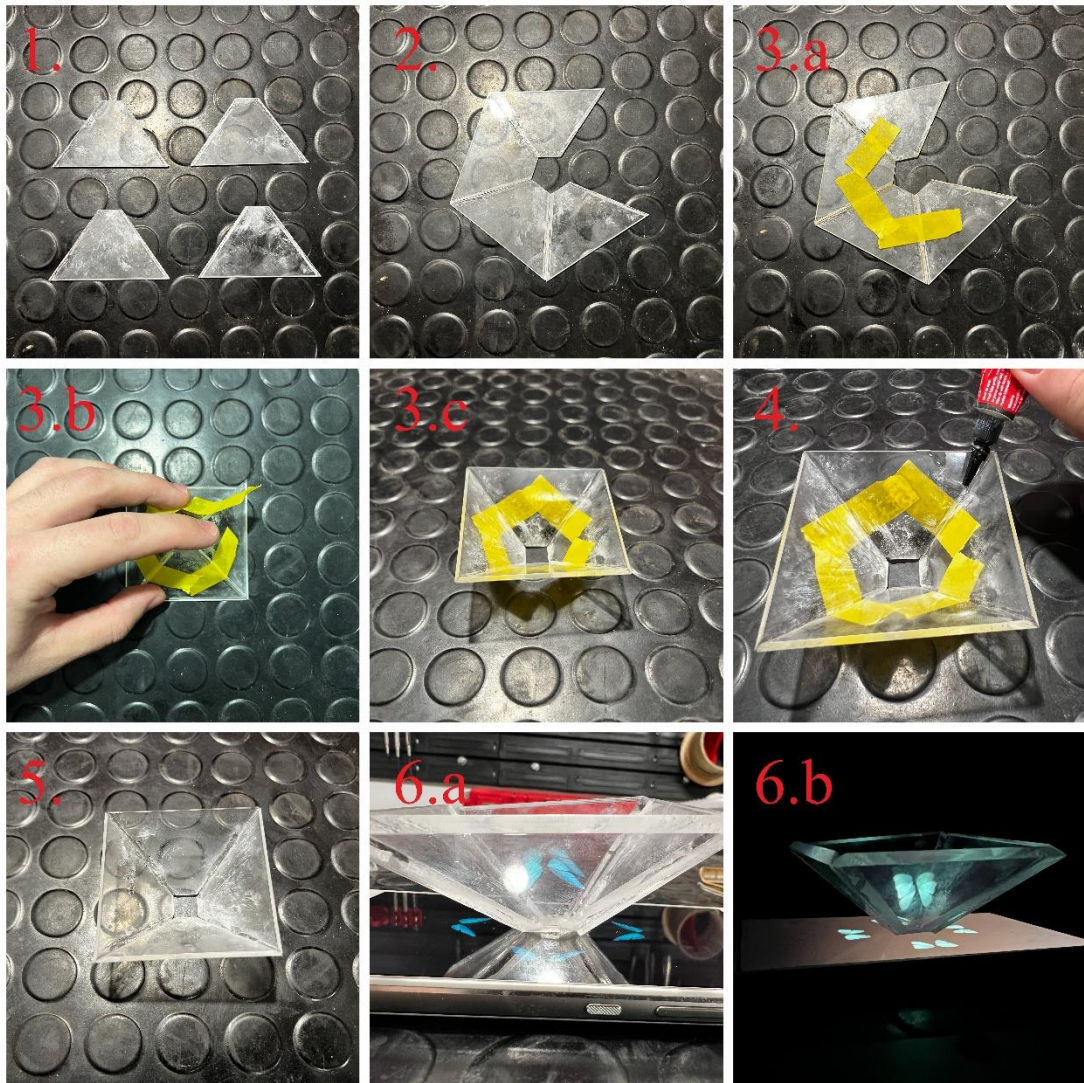


Slika 13: Hologram pri različnih debelinah ploskev

(Vir: Osebni arhiv)

3.4 IZDELAVA PRIZME

Ko smo prejeli izrezane ploskve iz pleksi stekla, smo lahko začeli z izdelavo (1). Najprej smo ploskve prizme postavili skupaj in jih začasno zalepili z lepilnim trakom (2, 3.a, 3.b, 3.c). Nato smo ploskve zalepili s sekundnim lepilom (4). Ko se je lepilo posušilo, smo dobili prizmo, primerno za uporabo (5, 6.a, 6.b).



Slika 14: Postopek izdelave hologramske prizme

(Vir: Osebni arhiv)

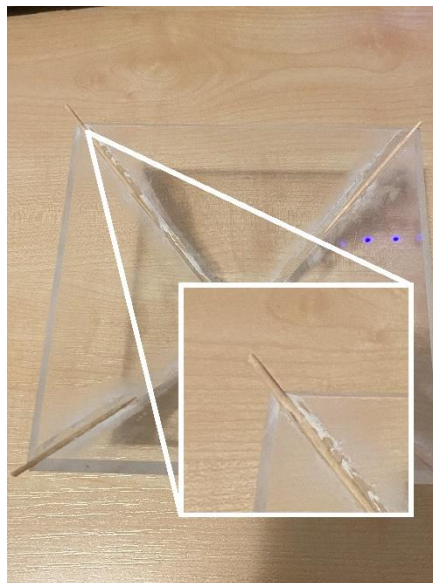
Problem pa je nastal čez nekaj ur, ko so se na pleksi steklu začeli pojavljati prstni odtisi in praske. Predvidevali smo, da je to posledica sekundnega lepila, ki pleksi steklo s hlapi uniči. Posledično smo se odločili, da pri nadaljnjem delu pleksi stekla ne bomo lepili s sekundnim lepilom, ampak bomo uporabljali druga sredstva, kot so vroče lepilo, epoksi ali UV prosojno lepilo.



Slika 15: Problem sekundnega lepila

(Vir: Osebni arhiv)

Pri večjih prizmah se zaradi njihove velikosti lahko izognemo lepilnim sredstvom in sestavimo konstrukcijo, ki drži pleksi v poziciji. Velikost, ki bi že bila primerna za to konstrukcijo, smo potrebovali že pri prizmah, ki smo jih izdelali za prikaz s pomočjo tabličnih računalnikov. V tem primeru smo med robove prizme dodali zobotrebce, da se je lahko lepilo bolje prijelo in močnejše držalo ploskve prizme.

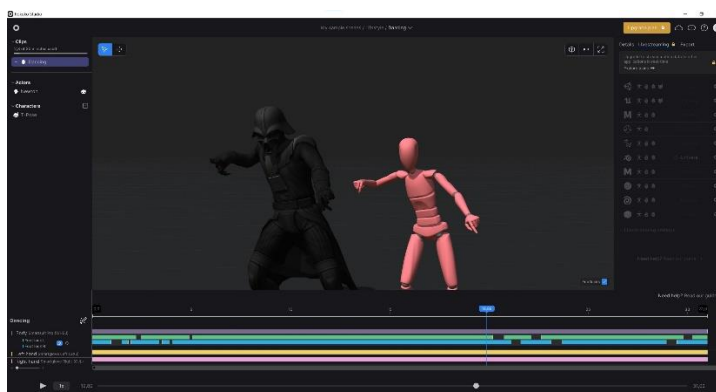


Slika 16: Zobotrebci kot začasna podpora

(Vir: Osebni arhiv)

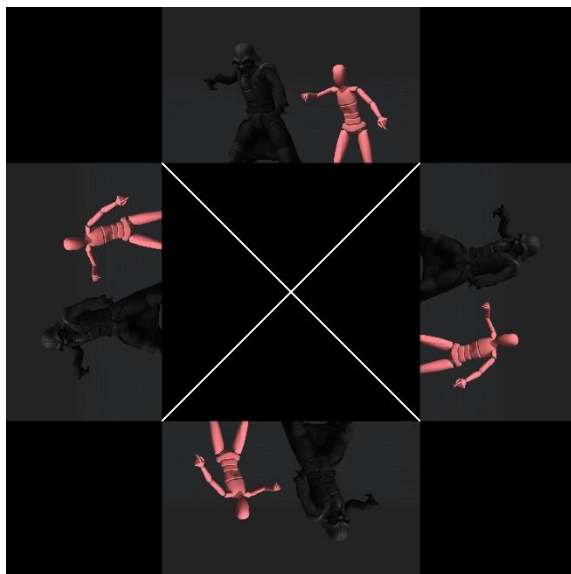
3.5 VSEBINA VIZUALIZACIJE

Poleg materialov in oblike prizme pa je pomembna tudi vsebina vizualizacije. Želeli smo, da v notranjost prizme poleg holograma postavimo tudi trodimenzionalno natisnjen model. V notranjost vseh modelov prizem lahko postavimo izdelke, kot so ure, nakit, steklenice in v nekaterih primerih tudi dizajnersko pohištvo ter jih vključimo v del projicirane animacije. V načrtu smo imeli, da poskusimo ustvariti hologram v realnem času. To bi potekalo tako, da bi uporabili obleko podjetja Rokoko Studio, ki uporablja senzorje za zajem gibanja, in je ena izmed najboljših oblek v razmerju kakovosti zajema gibanja in cene. Ko bi podatke iz obleke prišle po brezžični Wi-Fi povezavi do računalnika, bi jih procesiral program Rokoko Studio. Program podatke iz obleke prenese na avatarja, ki smo ga lahko prej uvozili v program, in ko je sistem vzpostavljen, avatar sledi premikanju obleke. Da pa bi lahko to uporabili za hologram, bi morali, kar vidimo na ekranu, štirikrat pomnožiti, da bi lahko projicirali na vsako ploskev prizme.



Slika 17: Program Rokoko Studio

(Vir: Osebni arhiv)



Slika 18: Izgled videa, na sredino katerega postavimo prizmo
(Vir: Osebni arhiv)

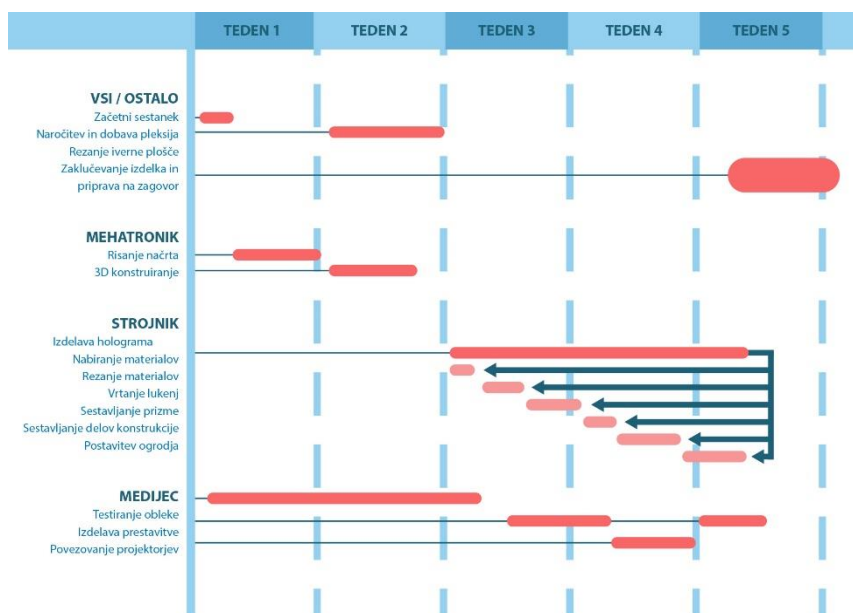


Slika 19: Testiranje obleke za zajem gibanja
(Vir: Osebni arhiv)

3.6 IZDELAVA HOLOGRAMSKE PRIZME

3.6.1 Razdelitev funkcij

Glavna prednost takšnega interdisciplinarnega dela je bila, da je lahko vsak posameznik prispeval svoj delež iz področja, ki ga najbolj pozna. Tako smo si lahko glavne naloge pri končnem izdelku razdelili na risanje načrtov, ki ga je prevzel mehatronik, sestavljanje konstrukcije, za katero je bil zadolžen strojnik, in ustvarjanje vsebine vizualizacije, ki jo je opravil medijec. Drug drugemu smo skozi delo pomagali in se s tem učili novih veščin ter ob tem spoznali, kako pomembno je naše sodelovanje. Težava, s katero smo se ob tem soočali, je bila predvsem komunikacijske narave, saj se izobražujemo na različnih lokacijah. Uspešno pa smo jo rešili s pomočjo raznih komunikacijskih kanalov in spletnih video klicev. Delo smo si uskladili tudi s pomočjo gantt diagrama.



Slika 20: Gantt diagram

(Vir: Osebni arhiv)

Postopek izdelave je pričel mehatronik z risanjem načrta prizme in ugotavljanjem pravilnih mer. Pri tem je moral upoštevati minimalno razdaljo, pri kateri lahko projektorji izrišejo čisto in ostro sliko. Na podlagi mer in načrta je lahko naročil pleksi steklo.



Slika 21: Dostavljeno naročeno pleksi steklo

(Vir: Osebni arhiv)

Nato je lahko strojnik začel z vodenjem izdelave konstrukcije, na kateri je prizma in visijo projektorji ter ostala potrebna oprema.

Tik pred začetkom izdelave konstrukcije je mentor opozoril na problem. V načrtu smo namreč imeli, da bi bili projektorji na spodnji strani in bi svetili navzgor. Ugotovili smo, da v primeru, ko bi se opazovalec postavil blizu prizme, bi videl projektorje. Zato smo sklenili, da problem rešimo tako, da projektorje prestavimo nad prizmo.

Delo smo nato začeli v delavnicah naše šole, kjer smo za začetek pregledali načrt.



Slika 22: Pregled načrta pred začetkom dela

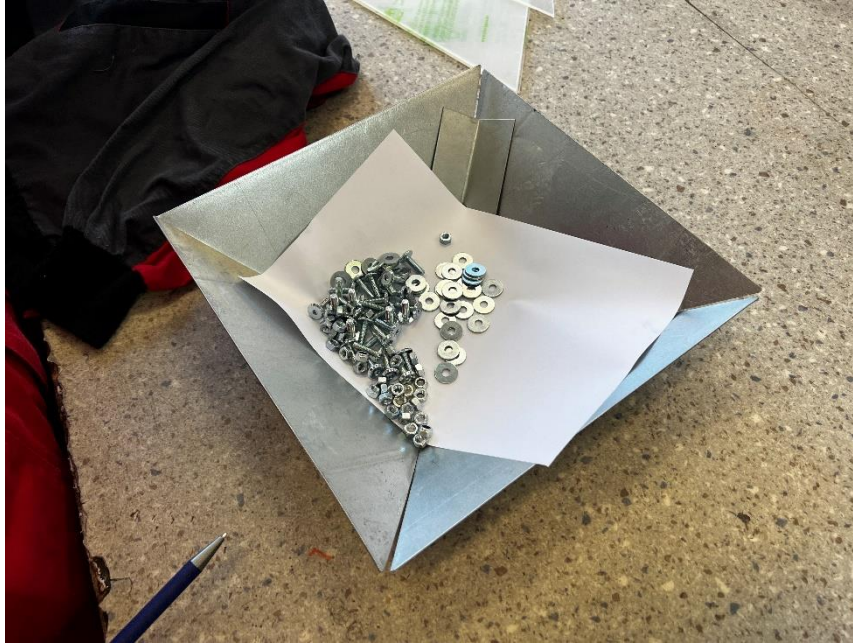
(Vir: Osebni arhiv)

Ko smo imeli izbrane materiale, smo jih s pomočjo profesorjev poiskali v šolskem skladišču, ob tem pa vodili popis materialov.



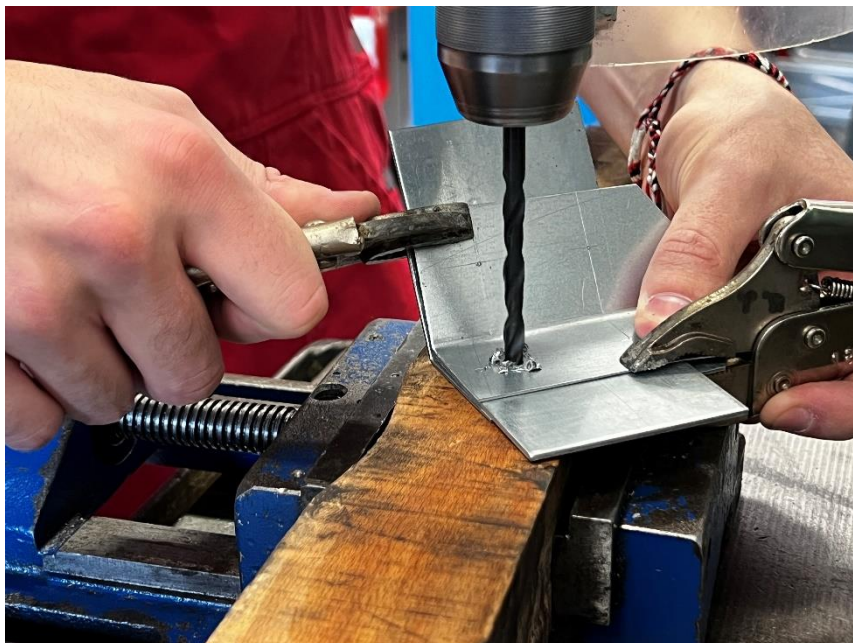
Slika 23: Izbira materialov

(Vir: Osebni arhiv)



Slika 24: Izbor nabranih vijakov, podložk in matic
(Vir: Osebni arhiv)

Nadaljevali smo z vrtanjem lukenj in rezanjem materialov na potrebne dolžine.



Slika 25: Vrtanje lukenj
(Vir: Osebni arhiv)



Slika 26: Rezanje materialov

(Vir: Osebni arhiv)

Ko smo imeli dokončane kotnike in pripravljene luknje, smo testno sestavili prizmo.



Slika 27: Končani kotniki

(Vir: Osebni arhiv)



Slika 28: Sestavljena prizma

(Vir: Osebni arhiv)

Nato smo sestavili ostale dele konstrukcije in končne mere za iverne plošče sporočili v tesarsko delavnico na Srednji šolo za gradbeništvo in varovanje okolja, kjer so nam jih odrezali.



Slika 29: Del konstrukcije

(Vir: Osebni arhiv)

Ker smo vedeli, da bo končan hologram s prizmo in projektorji težek in velik, smo se odločili, da ga bomo za boljšo predstavitev raziskovalne naloge sestavili kar pred učilnico. Sestavljanje smo začeli s postavitvijo ogrodja, ki ga sestavljajo iverna plošča (zadaj), dva aluminijasta oporna stebra in zgornji del, katerega funkcija je, da drži projektorje.



Slika 30: Ogrodje
(Vir: Osebni arhiv)

Potem smo dodali spodnjo iverno ploščo, ki je osnovno konstrukcijo ojačala, in še drugo iverno ploščo, na katero pa smo kasneje postavili prizmo.



Slika 31: Dodajanje ivernih plošč
(Vir: Osebni arhiv)

Kot zadnji del konstrukcije smo dodali še črne foreks plošče, ki so skrile tako projektorje kot konstrukcijo.



Slika 32: Dodajanje foreksa
(Vir: Osebni arhiv)



Slika 33: Dodajanje foreksa

(Vir: Osebni arhiv)

Iverne in foreks plošče je bilo potrebno počistiti s krpo, preden smo dodali prizmo.



Slika 34: Čiščenje konstrukcije

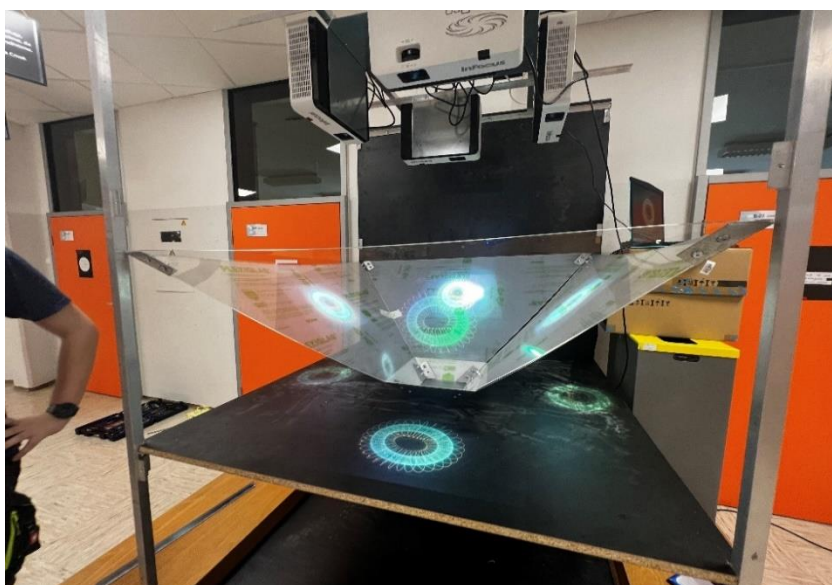
(Vir: Osebni arhiv)

Za zaključni del holograma smo dodali prizmo, ki smo ji šele za tem odstranili zaščitno folijo.



Slika 35: Odstranjevanje zaščitne folije
(Vir: Osebni arhiv)

Na koncu je medijski oblikovalec na zgornji del konstrukcije pritrdil projektorje in priključil vse potrebne kable. Nato je projekcijo preizkusil na prizmi, ki pa je bila še pokrita z zaščitno folijo, zato sam hologram ni bil čisto prepričljiv.



Slika 36: Testiranje holograma
(Vir: Osebni arhiv)

Na končni izdelek je prilepil nalepke in s projiciranjem preizkusil različne vrste trodimenzionalnih objektov kot tudi obleko za zajem gibanja.



Slika 37: Dodajanje nalepk
(Vir: Osebni arhiv)



Slika 38: Končni izdelek
(Vir: Osebni arhiv)



Slika 39: Priprave na zagovor

(Vir: Osebni arhiv)

3.7 POTRDITVE HIPOTEZ

Hipoteza 1

Prvo hipotezo, da različne debeline prosojnega materiala vplivajo na kakovost prikazanega holograma, smo potrdili pri točki 4.3, kjer je iz slik razvidno, da se pri debelejših materialih prikaz podvoji.

Hipoteza 2

Druga hipoteza, da obstajajo različne tehnologije prostorskega prikazovanja, je potrjena pri točki 3.3, kjer smo opisali raziskane možnosti tehnologij.

Hipoteza 3

Hipotezo tri, da lahko holograme prikazujemo v realnem času, dokazujejo do sedaj izvedeni testi teleprisotnosti pri točki 3.4.2 in jo prav tako potrjujemo.

Hipoteza 4

Četrto hipotezo, da lahko hologram združujemo z ostalimi tehnikami prikazovanja, kot so zasloni, ne moremo potrditi, saj hologrami v prizmi delujejo najboljše v temnejših prostorih. Ko dodamo za prizmo zaslon, se hologram ne vidi tako dobro, kot pa bi se videl samostojno.



Slika 40: Test za hipotezo 4

(Vir: Osebni arhiv)



Slika 41: Prikaz z zaslonom (levo) in brez (desno)

(Vir: Osebni arhiv)

3.8 VIZIJA ZA PRIHODNOST

Če bi želeli povesti projekt holograma v podjetno smer, bi morali začeti pri raziskavi trga. Potrebno bi bilo raziskati, kako lahko holografska tehnologija koristi podjetjem ali posameznikom. Če se ravnamo po naših prvotnih namenih, bi raziskavo začeli po šolah in fakultetah. Glavno prednost hologramov namreč vidimo v lažjem predstavljanju kompleksnih tridimenzionalnih predmetov. Nadaljevali bi z izvedbo anket, s katerimi bi pridobili podatke o tem, ali je to nekaj, kar bi predavatelje, učitelje, študente, dijake in učence

zanimalo in ali bi se strinjali s tem, da bi jim to pripomoglo k boljši razumljivosti pri osvajanju predstavljene snovi.

Drugo področje, kjer bi lahko bili hologrami trženi, je privlačnejše oglaševanje pri večjih tehnoloških podjetjih. Primer takšnega oglaševanja je možen videti pri znamki avtomobilov Porsche, kar nam da videti, da tržna niša že obstaja in če jo uporabljajo podjetja, kot je ta, zagotovo deluje. Hkrati pa ni zelo pogosta, saj mnogo ljudi holograme pozna kot znanstveno fantastiko.

Lahko bi jih oglaševali tudi kot navadne dekoracije, če hoče uporabnik prostoru dodati pridih futurizma in s tem ustvarili več izdelkov, ki bi ustrezali različnim skupinam kupcev.

Če bi prizme bile uspeh, bi se lahko razširili tudi na druge načine izvedbe hologramov, ki jih imamo navedene. Projekcija na dim bi na primer lahko bila uporabljena v panogi zabave. Na koncertih ali v zabaviščnih parkih bi lahko bili hologrami uspešna atrakcija.

4 ZAKLJUČEK

Med izdelovanjem raziskovalne naloge smo se soočili z mnogimi izzivi, ki so prinašali tako prednosti kot slabosti. Eden izmed izzivov je bil ta, da smo se združili dijaki s treh različnih programov – strojništvo, mehatronika in mediji. Prednost tega je bila, da smo lahko naše panoge združili. Vsak je lahko k izdelku prispeval s svojo izobrazbo in pogledal na nalogo s svoje perspektive. Slabost pa je bila ta, da je bila nekoliko otežena komunikacija, saj se šolamo na različnih lokacijah. Problem smo lahko rešili s pomočjo raznih komunikacijskih kanalov in spletnih video klicev.

Pri sami prizmi pa so bile slabosti predvsem kakovost slike, optične nepravilnosti, stroški in čas. Glavni pomislek pri izdelavi hologramov je bila zagotovitev visoke kakovosti slike. To vključuje zagotavljanje jasnosti, ostrine in pravilne barvne reprodukcije.

Pri izdelavi hologramov smo morali biti pozorni na optične nepravilnosti, kot so moteči vzorci, nehomogenost ali popačenost slike. Seveda pa smo tudi za vse verzije prizme morali imeti panele, ki so bile izdelane po naročilu, kar je zahtevalo več časa.

5 VIRI IN LITERATURA

- [1] *3D HoloSPiN* (online). 2024. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://3dholospin.com/3d-led-hologram-fan-how-does-it-work>.
- [2] *ABBA Voyage* (online). 2024. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/ABBA_Voyage.
- [3] BRON, D. *The Emergence of Holographic Telepresence: Disrupting Communication and Collaboration in the Digital Age* (online). 2023. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.linkedin.com/pulse/emergence-holographic-telepresence-disrupting-digital-bron>.
- [4] CNET. *You can feel and hear these holograms* (online). 2020. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.youtube.com/watch?v=tzWP-NL3Lc>.
- [5] FARIVAR, C. *Tupac »hologram« merely pretty cool optical illusion* (online). 2012. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://arstechnica.com/science/2012/04/tupac-hologram-merely-pretty-cool-optical-illusion>.
- [6] *Dynamic Physical Affordances and Constraints through Shape and Object Actuation* (online). 2013. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.leithinger.com/inFORM-2013>.
- [7] *GLIMM DISPLAY* (online). 2024. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.glimmdisplay.com/holographic-solutions/peppers-ghost-3d-hologram>.
- [8] *HOLOGRAM PYRAMID* (online). 2024. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <http://hologrampyramid.net/technical>.
- [9] *Holographic augmented reality based on three-dimensional volumetric imaging for a photorealistic scene* (online). 2020 (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-28-24-35972&id=442589>.
- [10] *Holographic optical element* (online). 2023. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_optical_element.
- [11] *Holography* (online). 2024 (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Holography>.
- [12] HOMES, C. *Holograms: How we can see 3D images using sound* (online). 2021. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

<https://blog.scienceandmediamuseum.org.uk/holograms-how-we-can-see-3d-images-using-sound>.

[13] JLASERVIDEO. *How To Make an INTERACTIVE HOLOGRAM! (Cheap Easy DIY Build)* (online). 2019. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

https://www.youtube.com/watch?v=rw9T-n_Ay5k.

[14] KUPERINSKY, A. *Ghost of technology past: Tupac's illusion a harbinger of performances to come* (online). 2012. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

https://www.nj.com/entertainment/2012/04/tupac_hologram_coachella_1.html.

[15] LAMASATECH. *How are holograms being applied to our daily lives?* (online). (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.lamasatech.com/blog/hologram-technology-becoming-vital>.

[16] *Laminar flow* (online). 2024. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

https://en.wikipedia.org/wiki/Laminar_flow.

[17] LANCASTER UNIVERSITY. *Shape changing display could spell the end for the 2D graph* (online). 2015. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

<https://phys.org/news/2015-04-2d-graph.html>.

[18] MRWHOSETHEBOSS. *World's Largest DIY Hologram!* (online). 2023. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.youtube.com/watch?v=8kUAG8EaOiQ>.

[19] *Pepper's ghost* (online). 2024 (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

https://en.wikipedia.org/wiki/Pepper%27s_ghost.

[20] PRINCY, A. J. *How does a Holographic AR Display Work? And What are its Applications?* (online). 2023. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

<https://www.researchdive.com/blog/how-does-a-holographic-ar-display-work-and-what-are-its-applications>.

[21] *REALFICTION* (online). (Citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

<https://www.realfiction.com/how-it-works>.

[22] S. GILLIS, A. *Holographic storage (holostorage)* (online). 2021. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu:

<https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/holographic-storage>.

[23] SALOVAARA, S. *Smoke and Mirrors: How to Create a Hologram* (online). 2014. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://filmmakermagazine.com/85916-smoke-and-mirrors-how-to-create-a-hologram>.

- [24] SCIENCE CONNECTED. *Holograms you can touch and feel* (online). 2024. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://magazine.scienceconnected.org/2021/05/holograms-can-touch-feel>.
- [25] SCIENCE WORLD. *How motion capture works* (online). 2023. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.scienceworld.ca/stories/how-motion-capture-works>.
- [26] TURNER, L. *Tupac 's rise from the dead was, sadly, not holography* (online). 2012. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://theconversation.com/tupacs-rise-from-the-dead-was-sadly-not-holography-6641>.
- [27] VERGE AERO. *Everything You Ever Wanted To Know About Drone Light Shows* (online). (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://www.verge.aero/everything-about-drone-light-shows#what-is-a-drone-light-show-exactly>.
- [28] VIRTUALON. *The Power Of Real Time Holographic Telepresence Technology* (online). 2024. (citirano 2. 3. 2024). Dostopno na naslovu: <https://virtualongroup.com/full-body-real-time-3d-holographic-telepresence-projection>.