

Šolski center Celje  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# HUMANOIDA ROBOTSKA ROKA

Raziskovalna naloga

Avtorji:

Sllemenšek David, S-4. b

Udrih Matic, S-4. b

Uranjek Jaka, S-4. b

Mentorji:

Ferlež Aleš, dipl. inž. str. (UN)

Podbregar Žan, dipl. inž. str. (UN)

mag. Veber Matej, univ. dipl. inž.

Celje, marec 2017

## IZJAVA

Mentorji, Aleš Ferlež, Žan Podbregar in Matej Veber, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavlja, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Humanoida robotska roka. katere avtorji so David Slemenšek, Uranjek Jaka in Matic Udrih:

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

Celje, \_\_\_\_\_

žig šole

Podpis mentorjev

Podpis odgovorne osebe

## **DOVOLJENJE ZA OBJAVO AVTORSKE FOTOGRAFIJE V RAZISKOVALNI NALOGI**

Podpisani, David Slemenšek, Jaka Uranjek in Matic Udrih, izjavljamo, da smo avtorji fotografskega gradiva navedenega v priloženem seznamu in dovoljujemo v skladu z 2. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, da se lahko uporabi pri pripravi raziskovalne naloge pod mentorstvom Aleša Ferleža, Mateja Vebra in Žana Podbregarja z naslovom Humanoida robotska roka, katere avtorji so David Slemenšek, Jaka Uranjek in Matic Udrih.

Dovoljujem tudi, da sme Osrednja knjižnica Celje vključeno fotografsko gradivo v raziskovalno nalogo objaviti na knjižničnih portalih z navedbo avtorstva v skladu s standardi bibliografske obdelave.

Celje, \_\_\_\_\_

Podpis avtorja:

Priloga:

- seznam fotografskega gradiva

## **ZAHVALA**

Zahvaljujemo se mentorjem Alešu Ferležu, dipl. inž. str. (UN), Žanu Podbregarju, dipl. inž. str. (UN) in mag. Mateju Vebru, univ. dipl. inž. za pomoč in vodenje pri izdelavi raziskovalne naloge. Zahvaljujemo se tudi mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž., za pomoč pri izdelavi projekta; prof. Marjani Marinšek in prof. Dragomiri Kunej, ki sta lektorirali raziskovalno nalogo.

Posebna zahvala velja staršem, ki so nas spodbujali, nam stali ob strani in nam z znanjem ter izkušnjami pomagali pri raziskovalni nalogi.

# KONSTRUIRANJE HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE

**Ključne besede:** konstruiranje, človeška roka, humanoida robotska roka

## POVZETEK

*Za projektno nalogo smo si izbrali hidravlično humanoidno robotsko roko. Naša zamisel je bila lahka umetna roka, ki jo lahko nosimo in uporabljamo kakor pravo človeško roko. Poleg tega smo ji dodali funkcijo premikanja posameznih prstnih členkov.*

*Preko osnovne ideje smo narisali veliko skic, iz katerih smo nato narisali 3D model in ga nato z 3D tiskalnikom natisnili.*

# DESIGN OF A HUMANOID ROBOTIC ARM

**Key words:** design, human arm, humanoid robotic arm

## ABSTRACT

*For our assignment we chose the hydraulic humanoid robotic arm. Our idea was a lightweight artificial arm, that could be worn and used as a real human hand. In addition, we've added the function of individual finger joint movement.*

*Based on our ideas we drew a lot of sketches, from which we then drew a 3D model and used it to 3D print it.*

# KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	HIPOTEZE.....	2
1.2	METODE RAZISKOVANJA.....	2
1.3	STRUKTURA DELA.....	2
<b>2</b>	<b>ROBOTSKA ROKA</b> .....	<b>3</b>
2.1	RAZVOJ ROBOTSКИH ROK.....	4
2.2	HUMANOIDNE ROBOTSKE ROKE.....	5
2.3	POVEZAVA HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE Z ČLOVEKOM.....	8
<b>3</b>	<b>KONCIPIRANJE HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE</b> .....	<b>10</b>
3.1	STRUKTURNA SHEMA IN KONCEPTNA SLIKA.....	11
3.2	MOŽNE REŠITVE.....	13
<b>4</b>	<b>KONSTRUIRANJE HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE</b> .....	<b>15</b>
4.1	HIDRAVLIČNI DEL ROBOTSKE ROKE.....	20
4.2	ELEKTRIČNI DEL ROKE.....	21
4.3	SENZORJI NA PRSTIH.....	21
<b>5</b>	<b>ANALIZA SKONSTRUIRANE HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE</b> .....	<b>23</b>
5.1	PREDNOSTI.....	24
5.2	SLABOSTI.....	24
<b>6</b>	<b>3D-TISKANJE</b> .....	<b>25</b>
6.1	RAZVOJ TISKALNIKOV.....	26
6.2	IZDELAVA HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE.....	28
6.3	PREDSTAVITEV NATISNJENEGA MODELA.....	<b>NAPAKA! ZAZNAMEK NI DEFINIRAN.</b>
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>VIRI IN LITERATURA</b> .....	<b>32</b>

## KAZALO SLIK

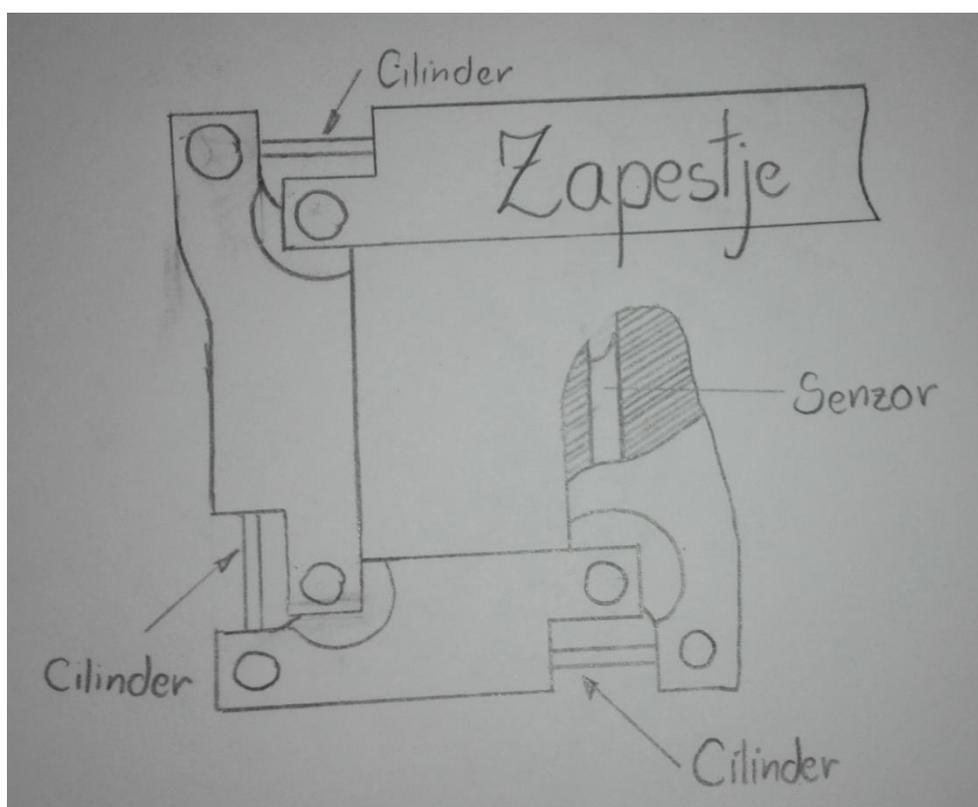
Slika 1: Skica za prst humanoide roke.....	1
Slika 2: Robotska roka [10] .....	3
Slika 3: Prva robotska roka [11].....	4
Slika 4: Ena izmed prvih avtonomih robotov v proizvodnji [7].....	5
Slika 5: Robotska roka [12] .....	6
Slika 6: Humanoida robotska roka [14].....	7
Slika 7: Človek z robotsko roko [15] .....	7
Slika 8: Povezava robotske roke z detektorjem alfa valov [16] .....	8
Slika 9: Graf valovanja alfa valov [28] .....	9
Slika 10: Primerjava ramnega dela po rešitvi.....	13
Slika 11: Pogledi 3D modela .....	14
Slika 12: Človeška roka v iztegu [13] .....	15
Slika 13: Hidravlični cilinder [23].....	15
Slika 14: Ramenska plošča.....	16
Slika 15: Rama .....	16
Slika 16: Zgornja konstrukcija .....	17
Slika 17: Komolec .....	17
Slika 18: Srednja konstrukcija.....	18
Slika 19: Zapestje .....	18
Slika 20: Spodnja konstrukcija.....	19
Slika 21: Skica robotske roke .....	19
Slika 22: Hidravlični cilinder na robotski roki [8] .....	20
Slika 23: Tridimenzionalni koordinatni sistem [20].....	21
Slika 24: Kotiran senzor [27] .....	22
Slika 25: Senzorji toplote in oblike [24].....	22

Slika 26: Primerjava z to robotsko roko [8] .....	23
Slika 27: Skica dlani robotske roke .....	23
Slika 28: 3D-tiskalnik [17] .....	25
Slika 29: SLA tiskalnik [18].....	27
Slika 30: Ideja 3D-tiskanja hiše [19] .....	27
Slika 31: ZPrinter650 v naši šoli .....	28
Slika 32: Posoda za material VisiJet PLX .....	30

# 1 UVOD

Idejo smo dobili iz problemov, ki se pojavljajo pri današnjih humanoidih robotskih rokah. Problem današnjih humanoidih robotskih rok je, da predstavljajo velik strošek, so v večini primerov počasne, nezanesljive in nimajo dovolj sile, da bi opravljale vsakodnevne napore. Največji problem, ki smo ga zasledili, je bil, da zaradi pomanjkanja sile v elektromotorjih večina humanoidih robotskih rok ne uspe zadržati predmeta v oprijemu, zato bomo na naši robotski roki uporabili hidravlične cilindre.

V tej nalogi vam bomo predstavili našo idejo, humanoidno robotsko roko, ki smo jo načrtovali, skicirali in konstruirali. Naša prioriteta je bila skonstruirati model tako, da bi individualno pomikal posamezne prste za boljše obvladovanje in pozicioniranje roke.



Slika 1: Skica za prst humanoide roke

## 1.1 Hipoteze

Preden smo začeli načrtovati in izdelovati robotsko roko, smo si zadali hipoteze, katere so nas vodile skozi celo nalogo. Zanimalo nas je, ali lahko naredimo humanoidno robotsko roko, ki:

- deluje v težjih pogojih, v katerih današnje ne zmorejo;
- je enostavna za uporabo in zanesljiva;
- pošilja informacije ne le v robotsko roko, temveč jih tudi pridobiva iz robotske roke;
- omogoča premih individualnih prstov;
- je cenovno ugodna ne le za izdelavo, temveč tudi za kupca;
- je varna za uporabo.

## 1.2 Metode raziskovanja

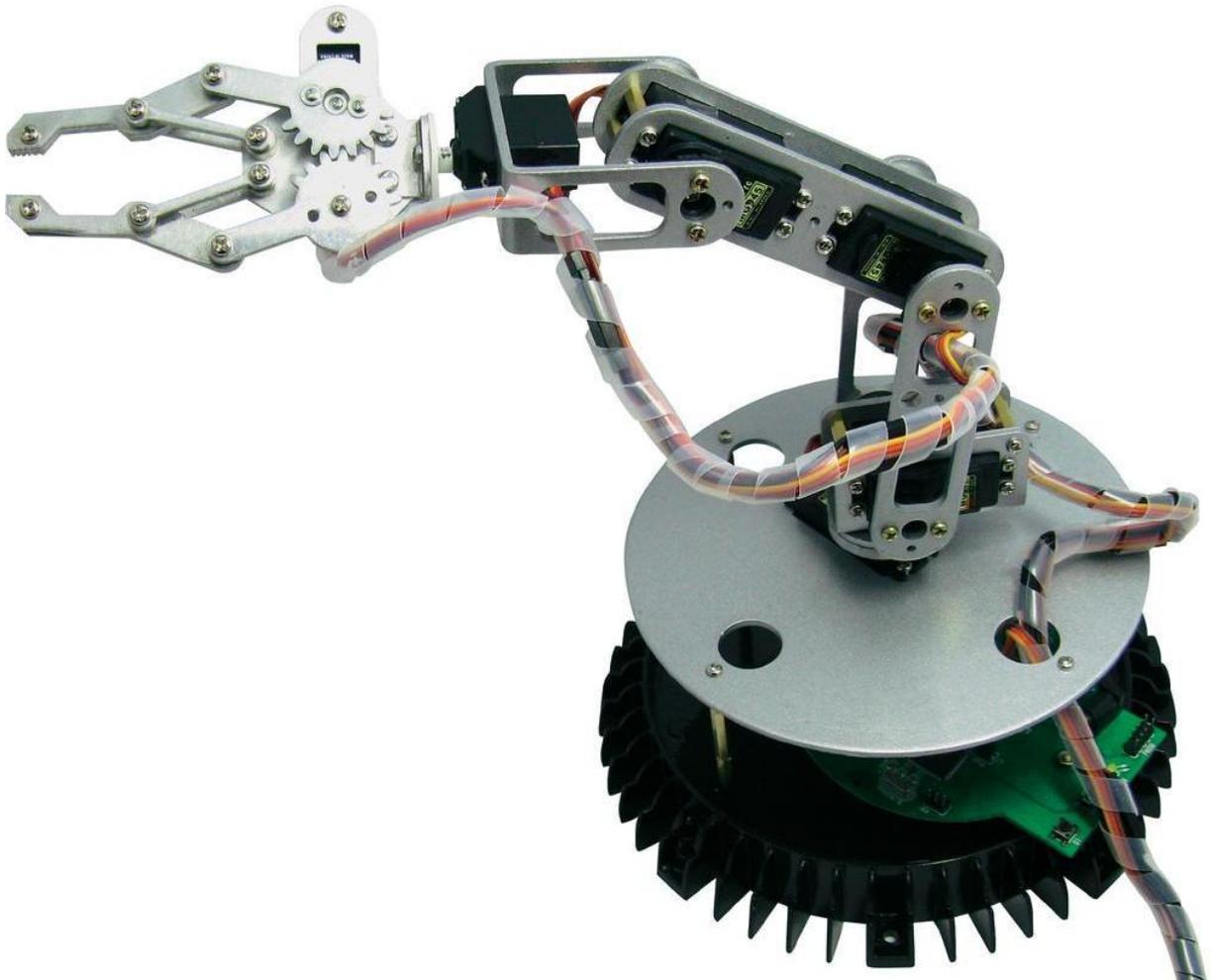
Raziskovali smo trg prodaje za trenutne najboljše roke; pretekle modele, da ne bi napak ponovili. Primerjali smo našo s trenutnimi za prednosti in slabosti ter pregledali individualne modele za izboljšave naše.

## 1.3 Struktura dela

Raziskovalna naloga je razdeljena na tri glavne dele. Prvi del je raziskovanje razvoja robotskih rok, kjer smo raziskali, kaj vse so že poizkušali za izdelavo robotskih rok in trenutno najbolj učinkovito metodo, ki je bomo mi poizkušali še nadgraditi. Poleg tega smo raziskali tudi humanoide robotske roke v medicini, kjer smo ugotovili, da bi lahko naredili protezo, ki bi bila cenovno ugodna in bi prenašala vsakodnevne obremenitve. Drugi del je načrtovanje in konstruiranje humanoide robotske roke, kjer smo risali ročne skice, iz kateri smo nato skonstruirali 3D model v programu CREO 2.0. Tretji del ni bila izdelava zaradi kompliciranosti in stroškov izdelka, temveč 3D-tiskanje nepremičnega modela humanoide robotske roke.

## 2 ROBOTSKA ROKA

Robotska roka je tip mehanične roke, ki je običajno programabilna in ima podobne funkcije kot človeška roka. Je lahko posamezni mehanizem ali pa del večjega, bolj kompleksnega robota. Večji deli so povezani s sklepi, ki dopuščajo rotacijske gibe ali ravne premike. [8]

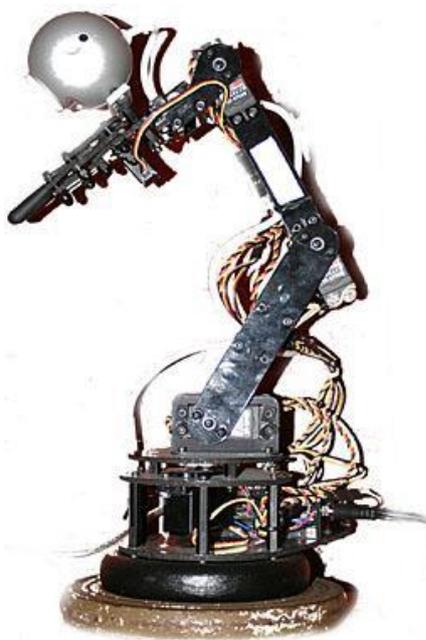


Slika 2: Robotska roka [10]

## 2.1 Razvoj robotskih rok

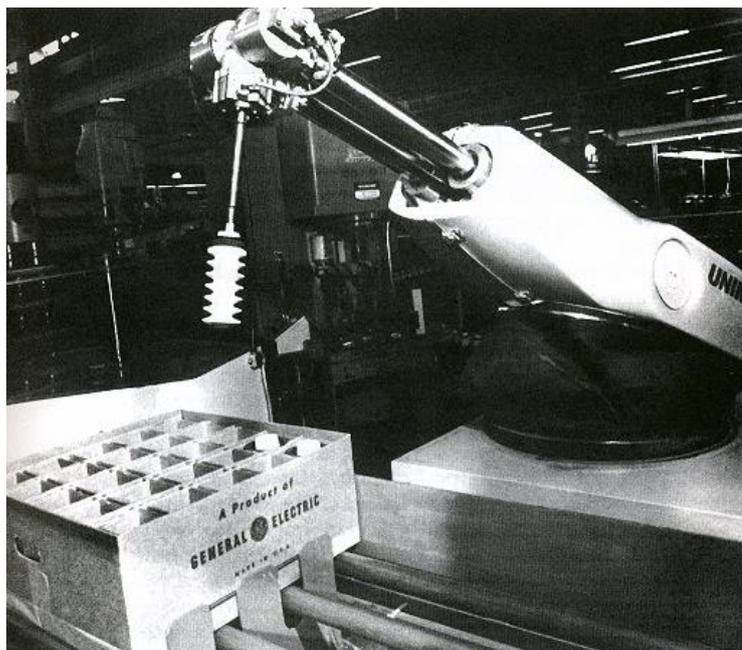
Beseda robot se je prvič pojavila leta 1920. Izmisлил si jo je češki pisatelj Karel Čapek. V češčini pomeni beseda robot »suženj« oziroma »delo«. Prvi robot, ki je bil sestavljen, je tehtal okoli dve toni in ni imel veliko funkcij. S prihodom obdobja elektronike in računalnikov so se avtomati, ki so jih prej uporabljali za programiranje robotov, spremenili v bolj sodobne in še danes uporabne računalniško vodene CNC stroje, ki jih je lažje programirati s pomočjo računalnika. [7]

Prve robotske roke so uporabljali za pomoč pri ostalih strojih, kot so stroji za varjenje, barvanje, sestavljanje, brušenje itd. Sam razvoj robotike se je pričel v avtomobilski industriji. V današnjem času pa si ne moremo predstavljati industrije brez pomoči robota. [22]



Slika 3: Prva robotska roka [11]

Pozneje se je začela robotika razvijati tudi na drugih področjih, kot so zdravstvo, vojaška industrija in tudi v domačem gospodinjstvu. V današnjem času je zelo velika skrb zaradi delovnih mest v industriji, saj se bojijo, da bodo človeško delovno silo nadomestili roboti. Zaradi pomanjkanja literature je malo napisano o samem razvoju robotskih rok. [22]



Slika 4: Ena izmed prvih avtonomih robotov v proizvodnji [7]

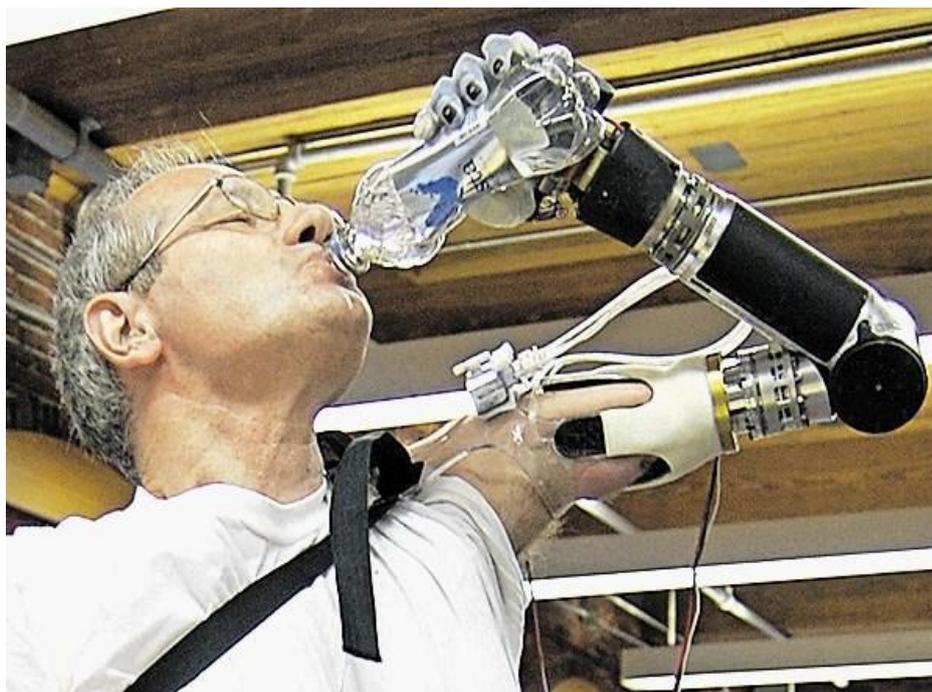
## 2.2 Humanoidne robotske roke

Humanoide robotske roke so načrtovane po morfološki in nevrološki analizi človeške roke. Te se uporabljajo na več področjih. V protetiki je napredek zelo opazen. Še pred kratkim so bile proteze iz enega kosa in so bile zgolj za vizualne namene. Namen te proteze je bil, da dvigne samozavest osebi, ki nosi protezo. Plat, ki pa je bila nedosegljiva, je bila funkcionalnost, saj je onemogočila nekatere gibe roke in prstov. V zadnjih nekaj letih pa je področje proteze roke zelo napredovalo, saj so postale bolj funkcionalne in operativne s strani pacienta. Te proteze vsebujejo elektrode, ki so pritrjene na kožo pacienta. Te elektrode zaznavajo krče mišic, na katere so pritrjene, in sorazmerno s krčenjem mišic pošiljajo signale v krmilnik, ki je vgrajen v robotski roki. Ta način kontroliranja se imenuje predvidevanje gibov. Te robotske roke se premikajo z elektromotorji. Napajajo jih baterije, ki jih je potrebno polniti. Veliko današnje tehnologije se pomika proti napajanju z naravnimi viri energije; vendar v tem primeru to ni mogoče, saj robotska roka ni izpostavljena soncu, vetru ali konstantno tekoči vodi. [6]



Slika 5: Robotska roka [12]

Robotske roke se v medicini večinoma uporabljajo kot proteze za osebe, ki so bile poškodovane v vojski oziroma ostalih nevarnih okolica. Trenutno so robotske proteze za večino ljudi cenovno nedosegljive. Trenutna cena protetičnih robotskih roke vrti okoli deset tisoč evrov in jih lahko dobimo le po naročilu, saj ima vsak človek svoje dimenzije. Zato ljudje robotsko roko hranijo in je ne obremenjujejo. Poleg tega človek (še posebej otroci) morajo z rastjo zamenjati protetično roko, saj jo prerastejo. [4]



Slika 6: Humanoida robotska roka [14]



Slika 7: Človek z robotsko roko [15]

## 2.3 Povezava humanoide robotske roke z človekom

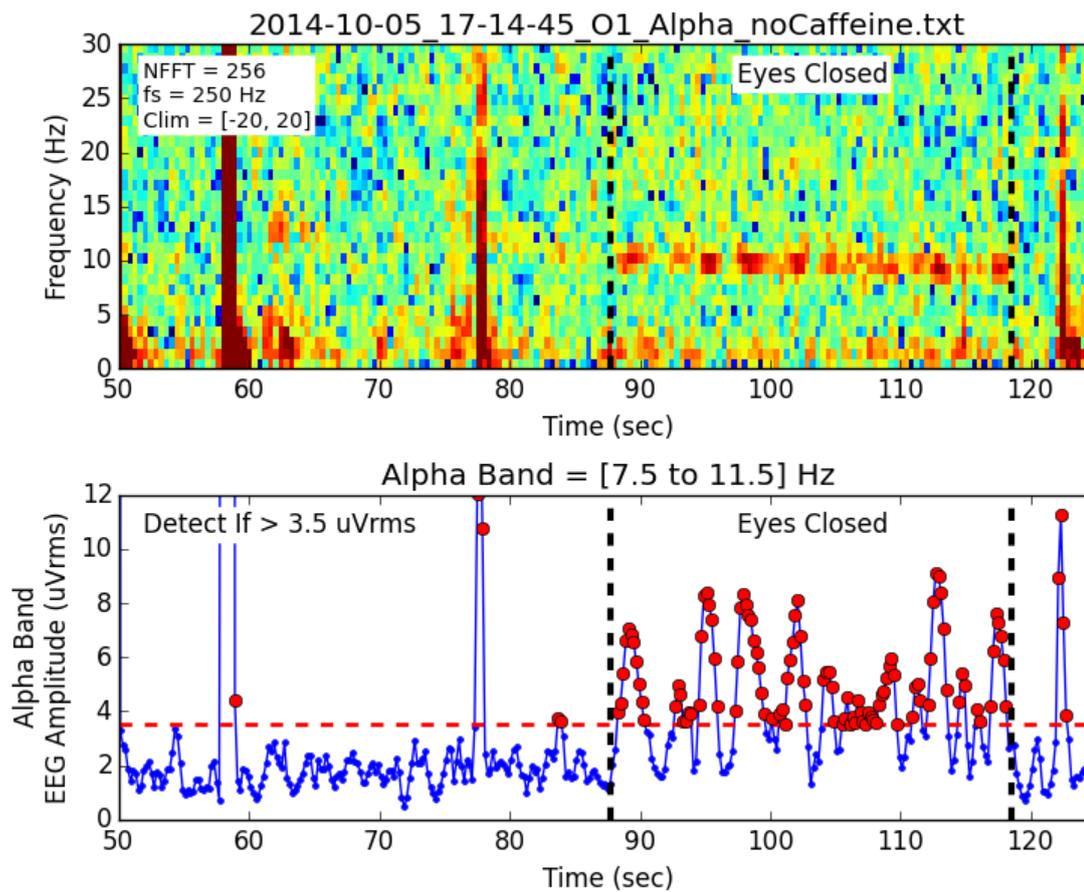
Današnje povezave med človekom in robotom se ukvarjajo večinoma s predvidevanjem gibov in uporabo alfa možganskih valov.

### Alfa valovi

Naša ideja je, da bi naša humanoida robotska roka bila povezana z detektorjem alfa valov in bi delovala z različnimi ukazi oz. zaporedji, katere, bi si moral uporabnik zapolniti. Ta tehnologija je še vedno v razvoju, a je razvita že dovolj, da bi lahko roko upravljali z razmišljanjem.



Slika 8: Povezava robotske roke z detektorjem alfa valov [16]



Slika 9: Graf valovanja alfa valov [28]

### 3 KONCIPIRANJE HUMANOIDE ROBSKE ROKE

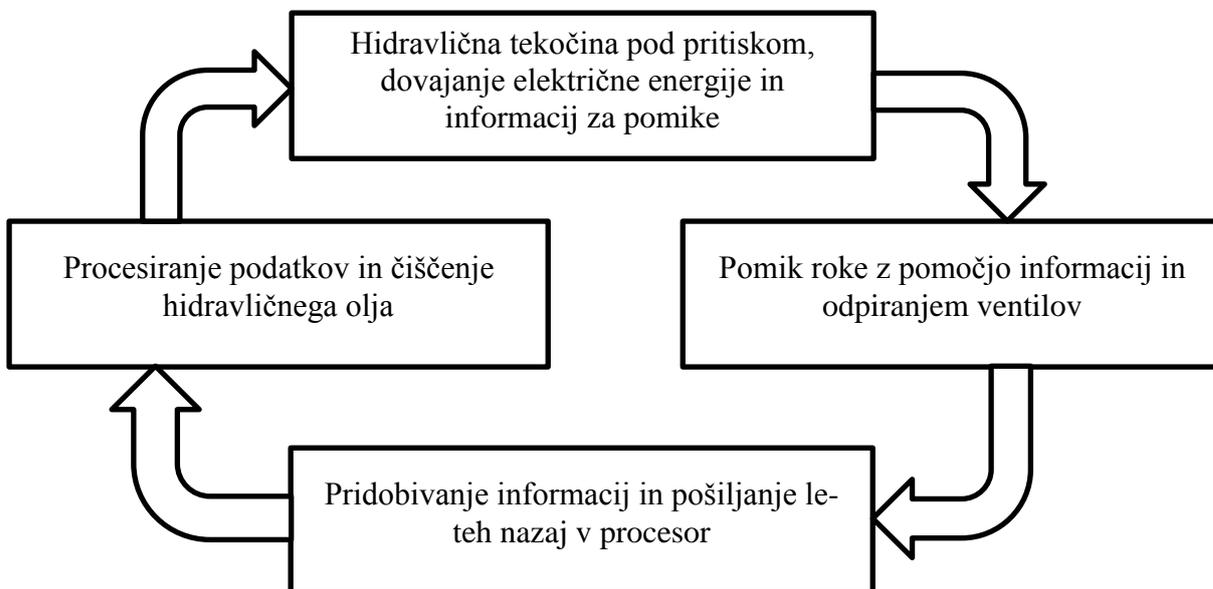
V naslednji preglednici so predstavljene naše zahteve in želje za naš končani izdelek. Dimenzije in oblika nista poljubni, saj smo roko oblikovali po človeški roki in standardnimi deli v roki.

Tabela 3.1: Preglednica tabel

Zahteva -Z ali Želja -Ž	Zahteva/želja
Ž	Cenovno ugodna
Z	Enostavna za uporabo
Z	Individualno premikanje prstov
Z	Uporaba standardnih delov
Z	Dolga življenjska doba izdelka
Z	Delovanje v težjih pogojih
Z	Varna za uporabo

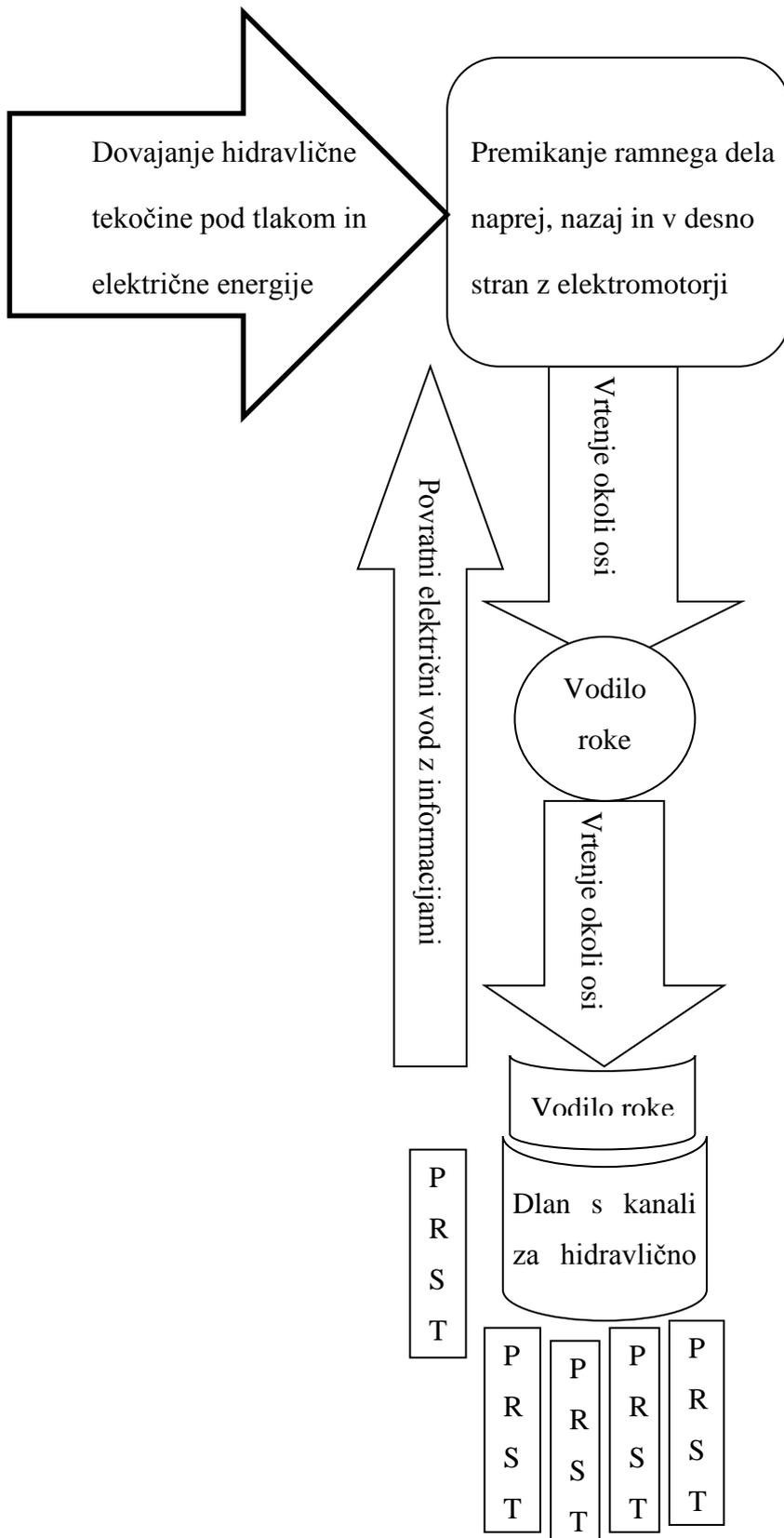
### 3.1 Strukturna shema in konceptna slika

Spodnja strukturna shema prikazuje, kaj bomo dovajali, kaj se bo dogajalo in kaj bomo dobili med samim delovanjem humanoide robotske roke.



Kakor se vidi na spodnji konceptni sliki, bomo v sistem dovajali hidravlično tekočino, ki jo bo pod tlakom potiskala hidravlična črpalka iz držala robotske roke. V roko bodo potovale tudi električne žice iz baterije (ki napaja tudi črpalko), ki bodo napajale elektromotorje in prenašale informacije za odpiranje ventilov cilindrov. S cilindri bomo primarno pozicionirali roko po ukazih (odpiranje/zapiranje ventilov), nato pa še sekundarno s elektromotorji z pogonom iz baterije, s katerim so bolj natančni in zaneslivejši. Senzorji, ki bodo na koncih prstov, bodo zaznavali oblike, materiale in nevarnosti. Te informacije bodo potovale po električnih žicah nazaj do operaterja.

Na spodnji skici je prikazana oblika in opisan je proces, kako bo delovala robotska roka.

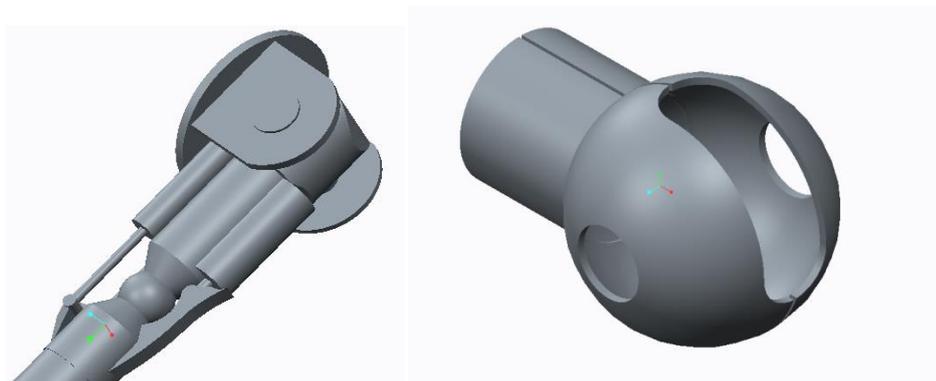


### 3.2 Možne rešitve

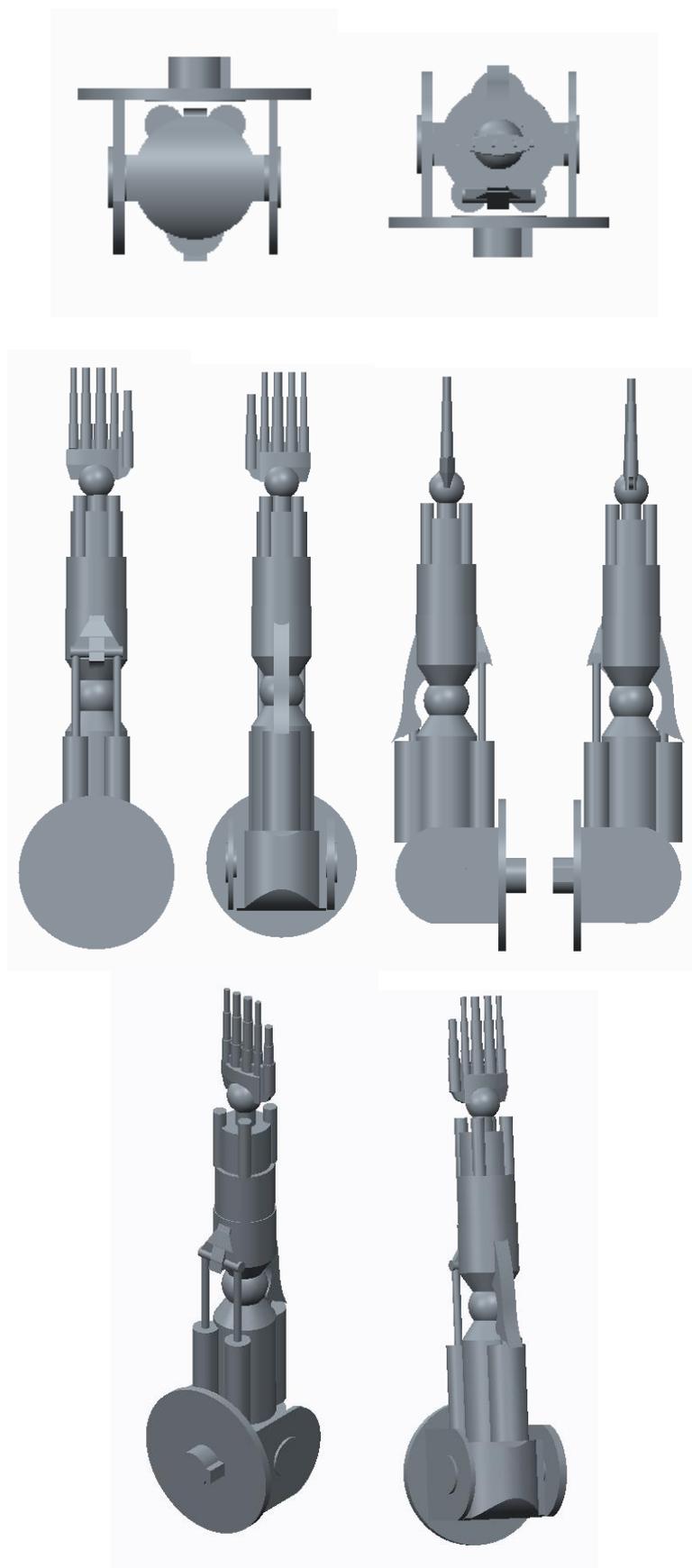
Rešitve smo iskali na spletu in drugi literaturi, predvsem smo gledali ideje posameznikov, ki idej niso razvijali naprej in (trenutne) modele humanoidnih rok, ki so trenutno v proizvodnji. Našli smo precej dobrih idej, ki so imele vsaka svoje prednosti in slabosti.

Odločili smo se, da bomo več različnih idej združili z našo. Vzeli smo vse prednosti in jih integrirali v naš model. Čeprav smo dobili veliko prednosti, vseh slabosti ni bilo mogoče odstraniti (teža, hrup,..).

Za primarne pomike smo izbrali hidravlične cilindre, saj so v primerjavi s pnevmatskimi bolj konstantni in proizvedejo več sile. Za sekundarne pomike smo se odločili za elektromotorje, saj smo opazili, da jih večina proizvajalcev uporablja zaradi natančnosti in teže.



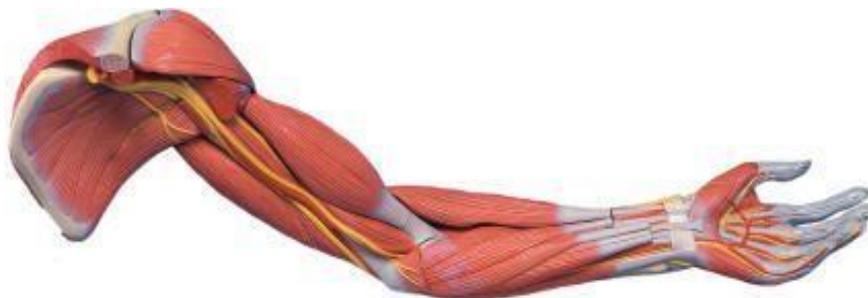
Slika 10: Primerjava ramnega dela po rešitvi



Slika 11: Pogledi 3D modela

## 4 KONSTRUIRANJE HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE

Skonstruirali smo humanoidno robotsko roko, ki služi kot umetna proteza za osebe s trajno poškodbo ali amputacijo roke. Robotska roka je sestavljena iz zgornjega (pozicijskega) dela in spodnjega (prijemalnega) dela. Roko smo oblikovali na podlagi človeške roke in njene oblike.



Slika 12: Človeška roka v iztegu [13]

Roko kontrolirajo elektromotorji, ki opravljajo delo rame, deli mišic brachialis in brachioradialis ter hidravlični cilindri, ki opravljajo delo mišic biceps in triceps ter zapestne mišice ligament. Na spodnji sliki je prikazana oblika hidravličnega cilindra, ki bo na robotski roki.

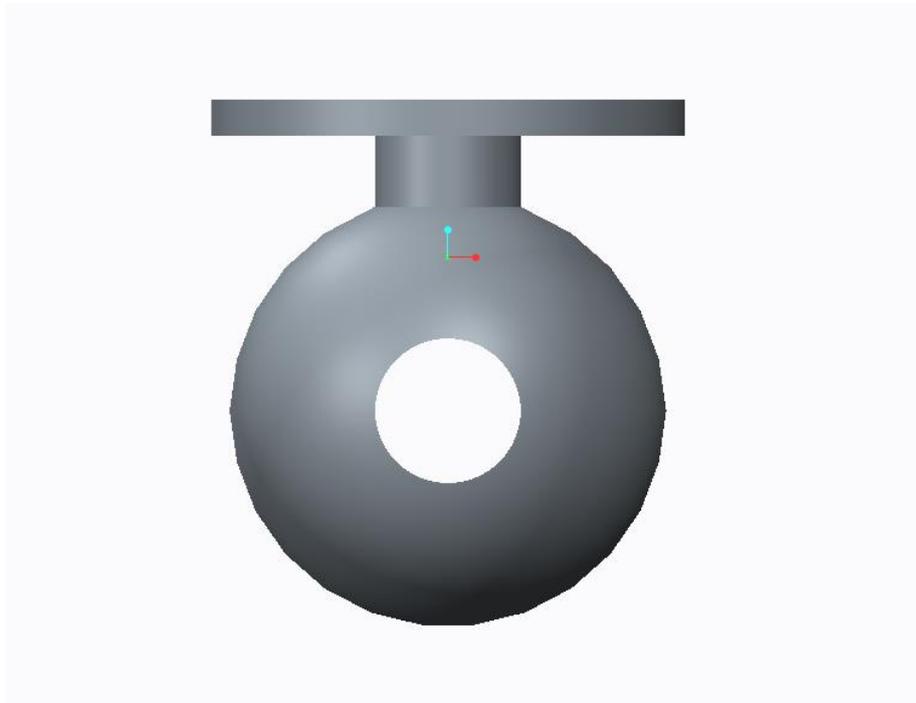


Slika 13: Hidravlični cilinder [23]

Zaradi oblike robotske roke smo morali narediti posebno konstrukcijo, ki smo jo prilagajali standardiziranim delom. Standardizirani deli v robotski roki so vijaki, ki držijo celotno roko skupaj; hidravlične cevi, ki so določenih mer, ki smo se jih morali držati; standardizirane cilindre in elektromotorje, za katere smo prilagajali izdelek posebej, saj je cena cilindra po naročilu veliko dražja kot standardizirani deli.

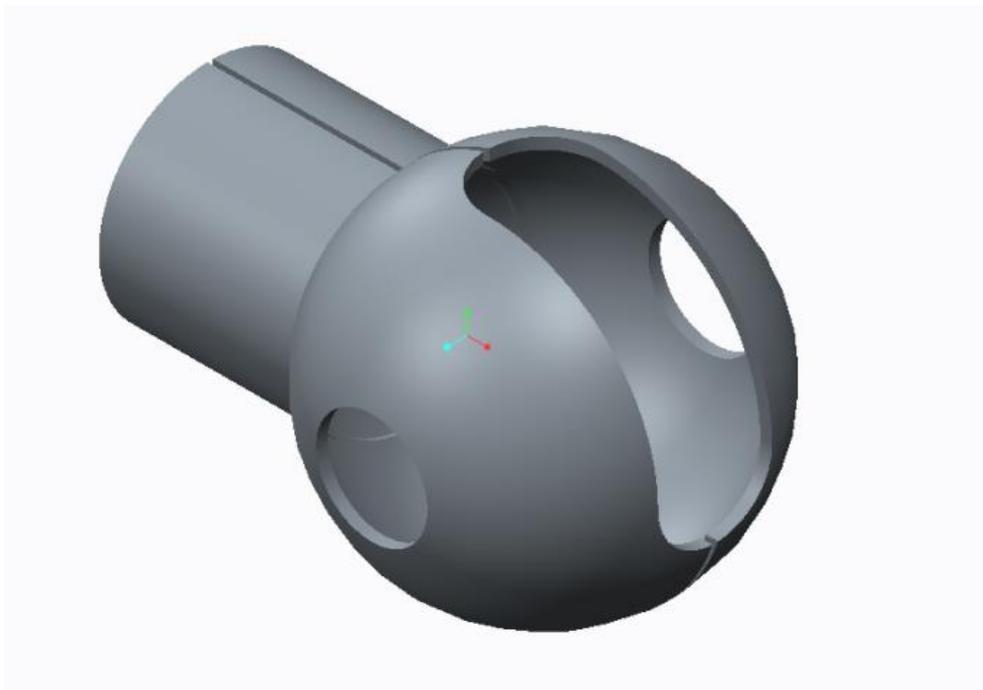
Potrebno bo narediti 7 večjih delov:

- Ramna plošča, ki omogoča pomik roke naprej in nazaj



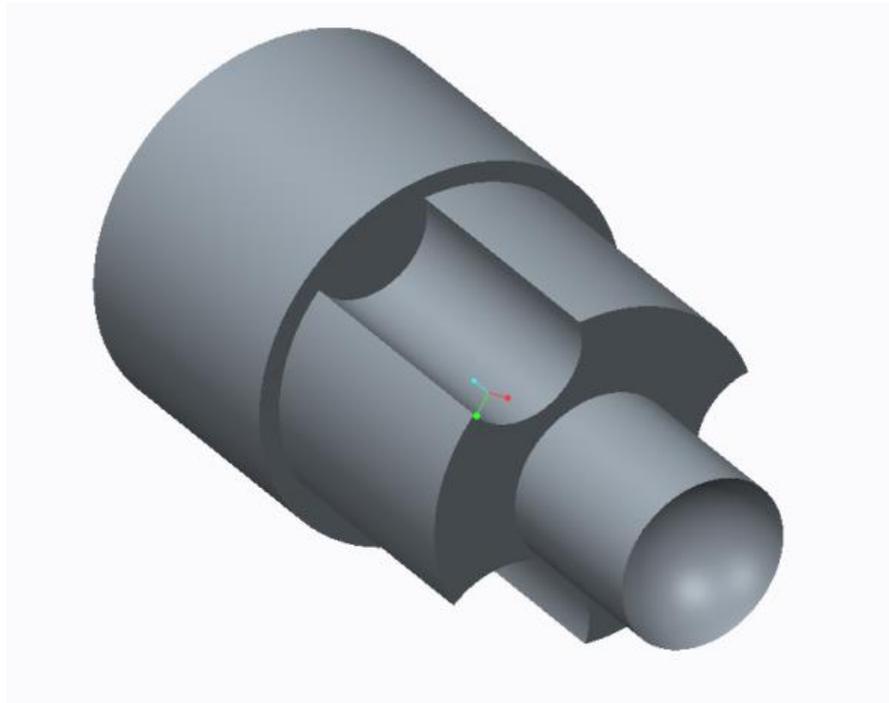
Slika 14: Ramenska plošča

- Rama, ki omogoča pomik desno (ali levo)



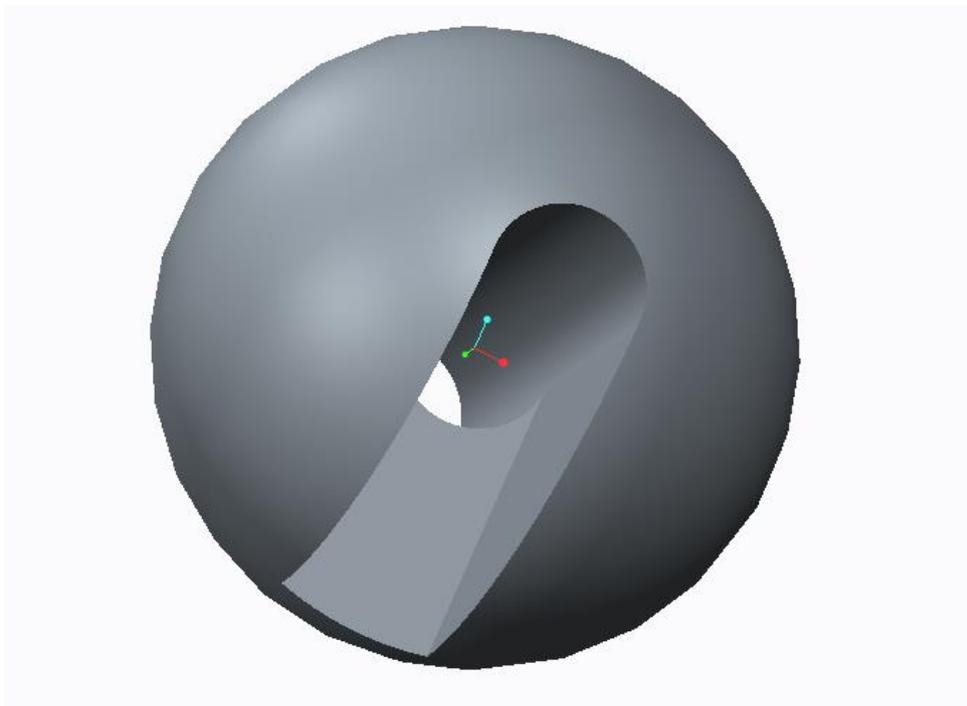
Slika 15: Rama

- Zgornja konstrukcija, ki povezuje elektromotor iz ramnega dela s komolcem



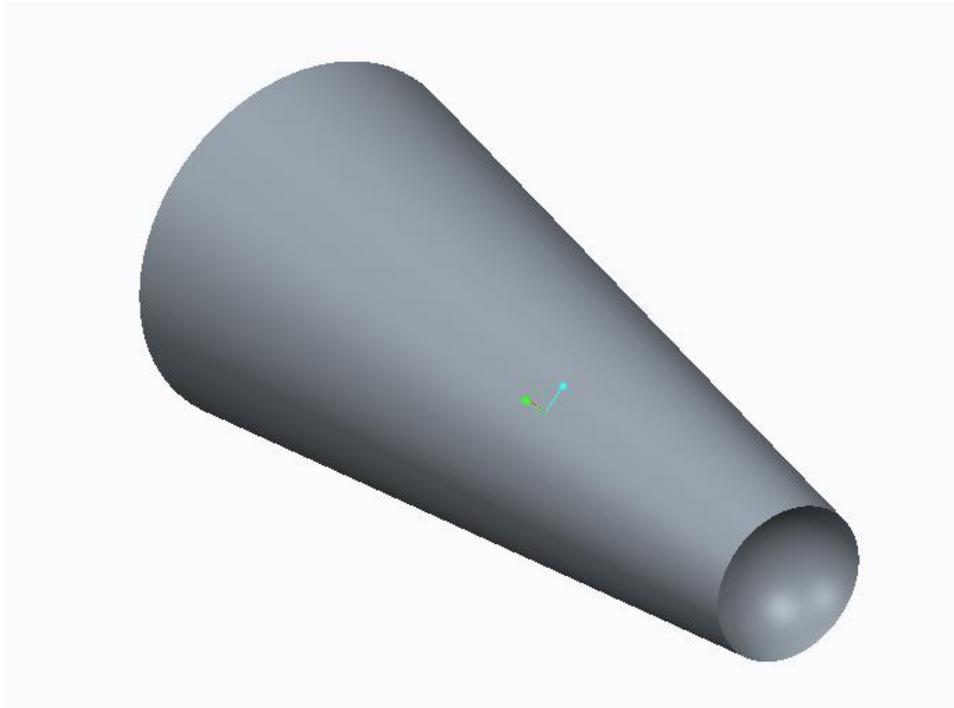
Slika 16: Zgornja konstrukcija

- Komolec (krogla), ki vodi in omogoča pomik srednjega dela naprej



Slika 17: Komolec

- Srednja konstrukcija, ki povezuje elektromotor pri komolcu z zapestjem



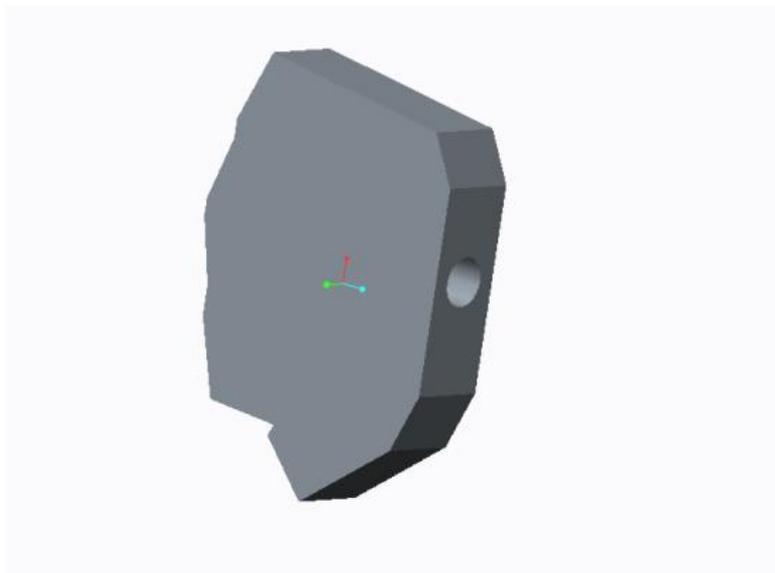
Slika 18: Srednja konstrukcija

- Zapestje (krogla), ki vodi cilindre in omogoča rotacije



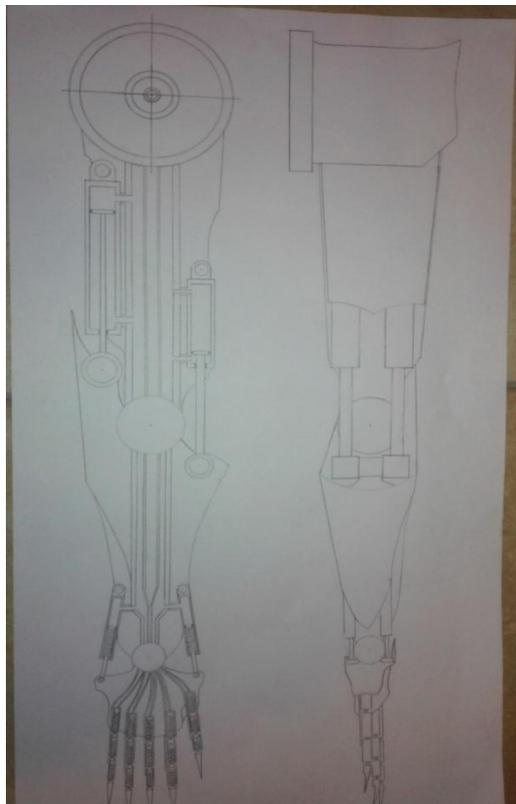
Slika 19: Zapestje

- Spodnja konstrukcija (dlan), ki povezuje zapestje s prsti in drži njihove osnovne cilindre



Slika 20: Spodnja konstrukcija

Prsti bi bili enakih dimenzij in narejeni iz plastike. Povezovali bi jih hidravlični cilindri.



Slika 21: Skica robotske roke

## 4.1 Hidravlični del robotske roke

Roka bi funkcionirala s hidravlično tekočino, ki bi jo potiskala črpalka iz tanka. Tank se nahaja na držalu robotske roke ali v torbi uporabnika. Glede na napisan program bi se cilindri odpirali in zapirali ter s tem premikali posamezne dele robotske roke.

Največji cilinder je na zgornjem zadnjem delu roke privit na poziciji mišice triceps in pomika roko za  $145^\circ$  naprej, pri čemer mu pomagata dva sprednja cilindra, ki sta privita na poziciji mišice biceps, ki ga tudi usmerjata.

Spodnji del roke se premika okoli »komolca« (železna ali aluminijasta krogla), skozi katero poteka cev za hidravlično tekočino. Na spodnjem delu roke so štirje vzmetno povratni cilindri, ki določajo pozicijo dlani. Cilindri so priviti na aluminijasto konstrukcijo, ki je povezana s »komolcem«. Skozi »zapestje« (aluminijasto kroglo) poteka hidravlična cev .

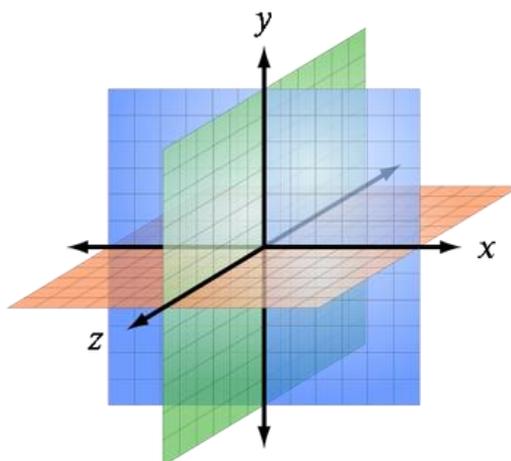
Na dlani je pet cilindrov, ki upravljajo vseh pet prstov. Na vsakem posameznem prstu sta dva vzmetno povratna cilindra, ki omogočata natančnejše pozicioniranje samih prstov okoli predmeta, ki ga robotska roka grabi. Celotna robotska roka bi bila podprta v rami.



Slika 22: Hidravlični cilinder na robotski roki [8]

## 4.2 Električni del roke

Roka se pomika s pomočjo koordinatnih sistemov v rami, komolcu in sredini dlani. V rami sta dva elektromotorja, ki omogočata pomik roke po z-osi (od  $145^\circ$  do  $-145^\circ$ ) in po negativnemu delu x-osi ( $-160^\circ$ ). Na spodnji sliki je prikazan 3D koordinatni sistem, ki ga bo uporabljala robotska roka.



Slika 23: Tridimenzionalni koordinatni sistem [20]

V zgornjem delu roke pod komolcem je elektromotor, ki vrti roko od rame navzdol okoli y-osi (v prvotnem položaju robotske roke). Zadnji elektromotor je povezan z aluminijasto konstrukcijo spodnjega dela robotske roke in vrti roko od komolca navzdol okoli y-osi (v prvotnem položaju robotske roke).

Elektromotorji omogočajo boljše pozicioniranje robotske roke, cilindri pa roki dajejo silo in moč.

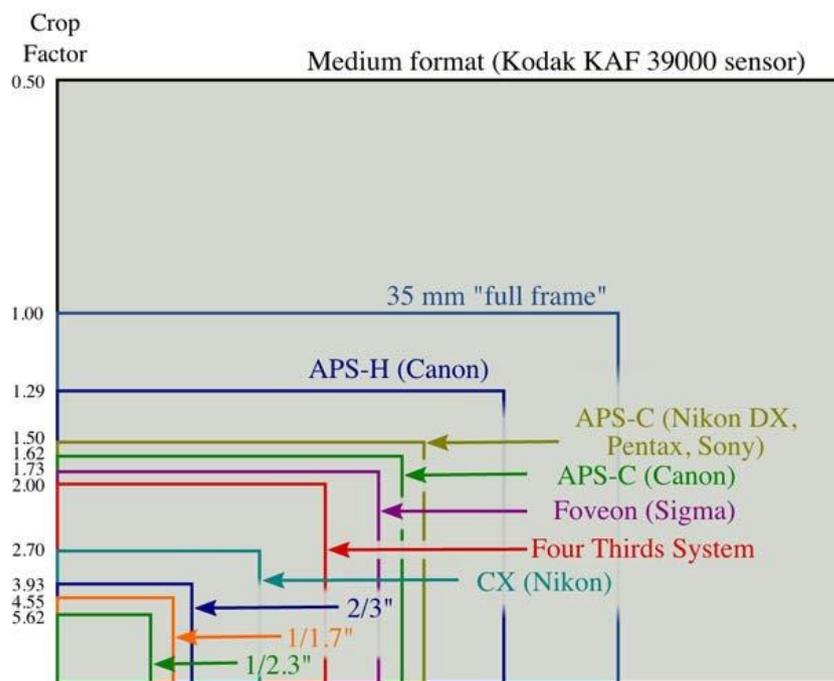
## 4.3 Senzorji na prstih

Senzorji na prstih zaznavajo obliko izdelka, z njimi želimo preprečiti preveliko silo za prijem samega objekta. Poleg tega bi (ti) senzorji zaznavali tudi material in glede na to informacijo tudi določilo silo potrebno za prijem.

Toplotni senzor je transduktor, ki generira električni signal sorazmeren celotne hitrosti segrevanja na površini senzorja. Izmerjena hitrost toplote je deljena s površino senzorja za

določitev toplotnega toka. Poleg meritve temperature nekateri senzori zaznavajo tudi obliko in material izdelka. [5]

Današnji senzori so dovolj majhni, da bi jih lahko vgradili v naš model. Do problema bi prišlo pri vezanju električne napeljave, saj bi na vsakem prstu bil en senzor.



Slika 24: Kotiran senzor [27]



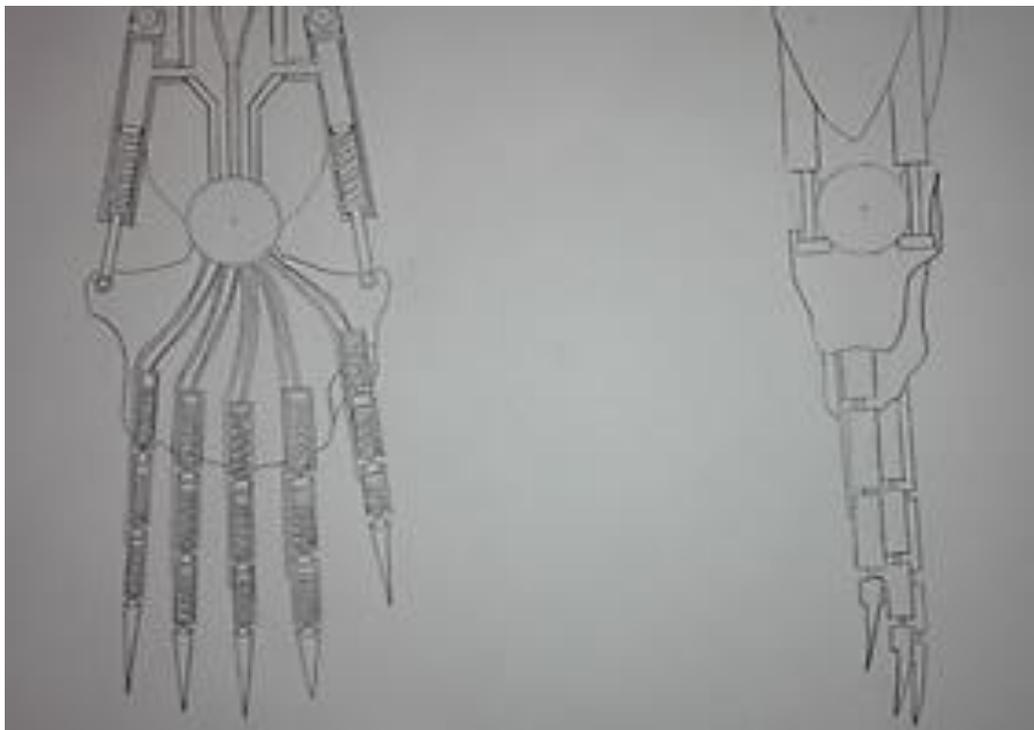
Slika 25: Senzorji toplote in oblike [24]

## 5 ANALIZA SKONSTRUIRANE HUMANOIDE ROBOTSKE ROKE

Današnje humanoide robotske roke niso dovolj močne za obremenitve vsakodnevnega človeškega življenja. Uporabljajo elektromotorje, ki omogočajo delovanje samo do določene obremenitve.



Slika 26: Primerjava s to robotsko roko [8]



Slika 27: Skica dlani robotske roke

## 5.1 Prednosti

Prednosti naše humanoide robotske roke smo ugotovili z raziskavo, s primerjanjem naše z drugimi in s preračunavanjem. Te prednosti so:

- Delovanje z večjimi silami, saj hidravlika proizvede več sile kot elektromotor.
- Velika vzdržljivost temperaturnih razlik, saj ima aluminij višje tališče kot plastika.
- Prilagajanje na dotikalne površine, zapestje bi ob stiku s senzorji predhodno zaznalo obliko izdelka.
- Pomik posameznih delov prstov, kar omogočijo cilindri na prstih.
- Kombinacija elektromotorjev in hidravlike omogoča boljše pozicioniranje.
- Dolg življenjski cikel, kar omogočajo kvalitetnejši deli.
- Enostaven za uporabo, saj bi človek samo pomislil in tako upravljal roko.

## 5.2 Slabosti

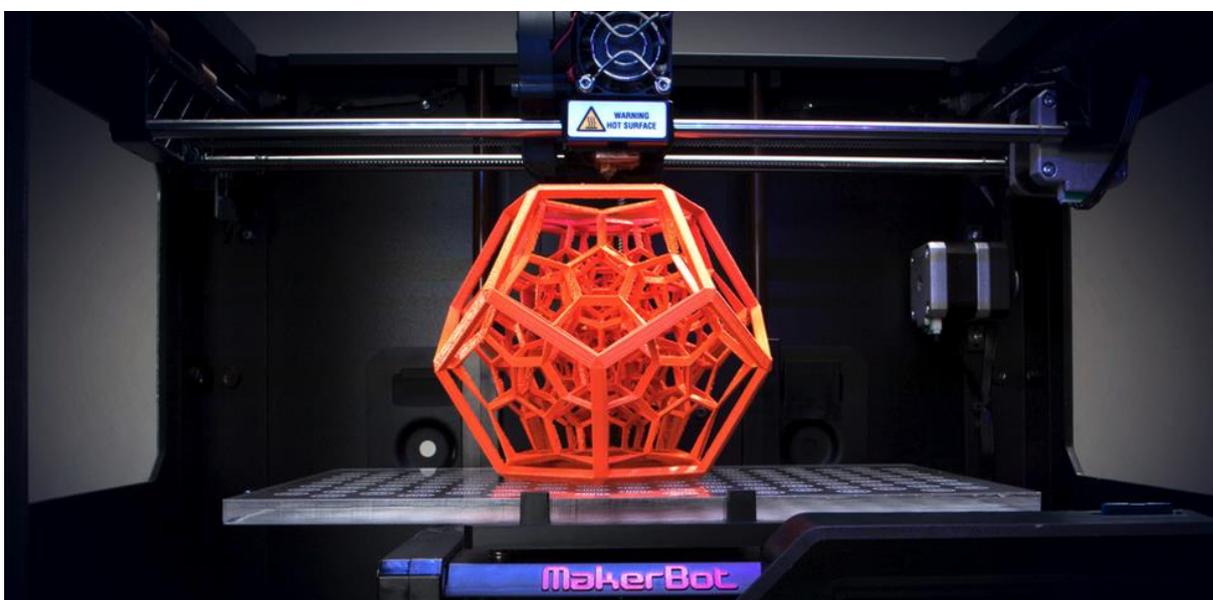
Slabosti naše humanoide robotske roke smo ugotovili s primerjanjem naše robotske roke z obstoječimi in s preračunavanjem. Te slabosti so:

- Teža izdelka zaradi hidravlične tekočine in same teže delov.
- Cenovno neugoden zaradi cene izdelovanja in cene delov.
- Hrup pri obratovanju, ki ga povzročata hidravlika in elektromotorji povzročajo.
- Možnost povzročenih samopoškodb zaradi okvare programa.
- Problemi pri zaznavanju nevarnosti (ne zaznava bolečine).
- Problemi pri zmedenosti/bolezni zaradi alfa valov bi roka delovala po svoje.
- Potreba po energetske dobavitelju črpalki in tanku za olje ni samozadostna.

## 6 3D-TISKANJE

3D-tiskanje je postopek izdelave tridimenzionalnih trdnih predmetov skoraj vsake oblike, ki jih ustvarimo v modelirnih programih.

3D-tiskanje se doseže z uporabo aditivnega postopka, kar pa pomeni, da se postopoma dodajajo plasti materiala. Ta postopek se razlikuje od ostalih postopkov izdelovanja predmetov v tem, da se tu dodaja material, pri ostalih postopkih pa se material odvzema, kot npr. vrtanje, frezanje, struženje, rezanje itd. [3]



Slika 28: 3D-tiskalnik [17]

Tiskalnik, ki lahko 3D-tiska, se je v 21. stoletju močno razvil, njegova cena pa je močno padla.

Postopek se uporablja za prototipiranje in proizvodnjo na področjih nakita, obutve, industrijskega oblikovanja, arhitekture, inženirstva in konstrukcije, avtomobilske, letalske in vesoljske industrije, dentalne in medicinske industrije, izobraževanja, geografskih informacijskih sistemov, gradbenega inženirstva in druge. [3]

Pri postopku uporabljamo veliko različnih materialov, kot so: guma, plastika, papir, poliuretanski materiali, kovine in podobno. Izbira materiala pa je odvisna od zmogljivosti in

tipa tiskalnika. Pri različnih materialih se nanašanje plasti razlikuje. V večini primerov se za tiskanje uporablja plastiko, ki jo nanašamo skozi ogrevalno šobo.

Za tiskanje mora tiskalnik imeti možno premikanje šobe po vsaj 3 oseh. Načeloma ima vsaka os svoj pogon, kar pa pomeni, da bolje kot je ohranjen pogon na posamezni osi, boljša bo kvaliteta izdelka.

Pri 3D tiskanju se vse začne z neko idejo, ki bi jo ustvarjalec rad uresničil. To idejo preneseš v modelski program, po svoji želji, kajti obstaja jih kar nekaj. Prva stvar, na katero moraš biti pozoren, je da mora ta program znati ta tvoj predmet narezati na sloje oz. posamezne plasti. Veliko programov ne vsebuje te funkcije in jih zato ne moramo uporabljati za 3D tiskanje. Ko imaš model dokončan, je treba datoteko še samo prenesti v tiskalnik in izbrati material, iz katerega bo predmet sestavljen.

Tiskanje predmeta lahko traja od nekaj minut do nekaj dni. Odvisno od zahtevnosti predmeta, ki se bo tiskal. Stroj lahko tiska tako, da je miza, na kateri se predmet ustvarja, nepomična ali pa je glava nepomična in se premika miza. Obstajajo pa tudi stroji, ki tiskajo tako, da se premikata glava in miza.

Po navadi stroji tiskajo plasti z debelino 0.1 mm, poznamo pa tudi preciznejše stroje, ki tiskajo plasti tudi z manj. [3]

## 6.1 Razvoj tiskalnikov

O tridimenzionalnem tiskanju govorimo že od leta 1987, ko je Charles Hull iznašel SLA tiskalnik. V starih časih bi vas tak 3D tiskalnik stal približno 300 tisoč evrov.

Takšen stroj bi danes stal kar 650 tisoč evrov. A v petih letih se je veliko spremenilo in 3D tiskalnik bi danes stal samo 50 tisoč evrov. Sedaj že lahko kupite tudi manjši 3D tiskalnik za približno 2 tisoč evrov, če se vam pa še to zdi predrago, pa bi vseeno radi imeli enega, obstajajo 3D tiskalniki za samo 50 evrov.

Ker pa so začeli ustvarjati manjše modele tiskalnikov, ki so dostopnejši za ljudi, ki bi radi doma sami kaj natisnili, je cena seveda drastično padla. V Angliji ima več kot polovica osnovnih in srednjih šol že dostop do 3D tiskalnika. [2]



Slika 29: SLA tiskalnik [18]

Ta postopek proizvodne se bo v prihodnje še zelo razvijal in bo za določena podjetja zelo pomemben, saj jim bo pomagal pri proizvodnji izdelkov, ki jih bodo potrebovali za svoj projekt in jim ne bo treba kupovati izdelkov od drugih proizvajalcev.

S to tehnologijo pa ciljajo tudi v napredku pri medicini, izdelavi zvočnikov (ki bodo dejansko ustvarjali zvok), pri zmanjšanju odpadkov, pri manjši uporabi energije, pri umetnosti, gradbeništvu in znanosti. Preprosto povedano 3D tiskanje bo spremenilo življenje, ki ga poznamo. [2]



Slika 30: Ideja 3D-tiskanja hiše [19]

## 6.2 Izdelava humanoide robotske roke

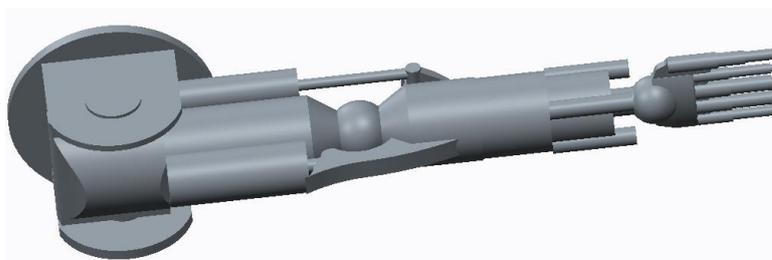
Humanoide robotske roke zaradi kompliciranosti in stroškov izdelave nismo naredili, temveč smo jo 3D-tiskali. Robotsko roko, bi večinsko naredili iz nestandardiziranih delov, saj oblika zahteva določene obremenitve, ki jih standardizirani deli nimajo. Standardizirani deli bi bili cilindri (ne vsi), elektromotorji in električne žice.

Obliki aluminijastih konstrukciji, bi jih bilo najboljše vlititi. Končne mere bi prilagajali glede na standardizirane dele, saj je lažje spreminjati mere delov, ki bi jih naredili, kot iskati nov standardiziran del za našo novo mero.

Humanoidno robotsko roko smo tiskali v šoli s 3D-tiskalnikom ZPrinter 650.



Slika 31: ZPrinter650 v naši šoli



Slika 32: Model za tiskanje

## ZPrinter650

ZPrinter650 je visoko razredni barvni tiskalnik za profesionalno uporabo. Primeren je za prototipiranje modelov, načrtovanje in izdelovanje potrošniških izdelkov, arhitekturo (3D tiskanje hiš). Tiskani izdelki so tiskani v ločljivosti 600 x 540 dpi (dots per inch) in imajo maksimalno prostornino 25,4 x 28,1 x 20,3. Tiskalnik tiska s hitrostjo 28mm/h z minimalno debelino plasti 100 mikronov. [1]

Prednosti tiskalnika so:

- visoka ločljivost tiska,
- precizna gradnja izdelka,
- natančnost tiska,
- hitrost velik,
- prostor za gradnjo.

Slabosti tiskalnika so:

- cena tiskalnika,
- cena tiskanja,
- dostopnost materiala,
- vrednost produkta.

Tiskalnik uporablja material Visijet PLX. Iz njega lahko tiskamo najmanjši model v velikosti 5 x 5 x 5 mm in največjega v velikosti 254 x 381 x 203 mm (lahko tudi več, če je element sestavljen iz večjih delov). Najmanjša debelina sten modela je lahko 1 mm. Natančnost materiala je 0,089 mm. Material lahko dobimo v 6 različnih barvah. [1]



Slika 33: Posoda za material VisiJet PLX

### **3D-tiskanje humanoide robotske roke**

Da bomo lahko roko natisnili s 3D tiskalnikom, smo jo morali zmodelirati v modelirnem programu. V našem primeru smo uporabili Creo 2.0. Datoteke smo morali prenesti v program Solidworks, saj je naš tiskalnik v učilnici, katere program je naložen samo ta. Roka bo stiskana v enem celem kosu. Natisnili jo bomo v merilu 1:2, saj je tiskalni stroj premajhen za merilo 1:1.

### **Prenos na kompatibilen program**

Sprva smo imeli robotsko roko zasnovano v programu Creo 2.0, kasneje pa smo zasnovo prenesli v program Solidworks 2015, ker programa Creo 2.0.0 v učilnici A30 ni bilo. Prenesli smo ga tako, da smo ga pretvorili v pdf. (Adobe Portable Document), ki ga je program Solidworks prepoznal. Prenos takih podatkov je zahteven in kot pričakovano smo nekaj datotek med prenašanjem izgubili ali pa jih program ni znal prebrati. Izgubljene datoteke smo zamenjali z novimi, ki so bile izdelane v Solidworks-u.

## 7 ZAKLJUČEK

Pri izdelavi naše raziskovalne naloge smo imeli kar nekaj težav. Kot načrtovano smo humanoidno robotsko roko samo 3D-tiskali, saj bi izdelava takšne roke zahtevala veliko investicijo.

Potrdili smo naslednje hipoteze:

- Deluje v težjih pogojih, ki jih današnje ne zmorejo, saj je narejena iz primerne materiala.
- Je enostavna za uporabo, saj je povezana z detektorjem alfa valov, ki omogočajo dovajanje informacij iz možganskih valov v robotsko roko.
- Robotska roka omogoča pomik individualnih prstov s pomočjo posameznih cilindrov na samih prstih.
- Je varna za uporabo, saj ima prepreke, ki preprečujejo disfunkcijo oz. napačno kodo, ki bi poškodovala samega uporabnika.

Ovržene so naslednje hipoteze:

- Informacije pošilja samo v robotsko roko in jih ne prejema, saj ni bilo dovolj prostora, da bi dodali še senzorjev na konice prstov.
- Je cenovno neugodna, saj je strošek izdelave prevelik (cena standardiziranih delov je previsoka) in s tem je sama cena zato višja.

Robotske roke se še lahko izboljšajo v smeri hrupa (ki ga povzročajo med delovanjem), energije, ki jo porabijo med delovanjem in teže izdelka.

## VIRI IN LITERATURA

- [1] 3DPRINTINGINDUSTRY\* (online). 2016. (citirano 5.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://3dprintingindustry.com/news/evolution-3d-printing-past-present-future-90605/>
- [2] WIKIPEDIA\* (online). 2013. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_printing#Printers](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing#Printers)
- [3] 3DTISK\* (online). 2015. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://www.3dtisk.si/kaj-je-3d-tiskanje-in-kako-deluje-3d-tiskalnik-za-domaco-rabo/>
- [4] Digitalna knjižnica UM\* (online). 2013. (citirano 3.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=61875>
- [5] FINANCE\* (online). 2016. (citirano 3.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://startaj.finance.si/8811138?cctest>
- [6] WIKIPEDIJA\* (online). 2014. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [7] WIKIPEDIJA\* (online). 2013. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://www.prohobi.net/ps2016/si/robotske-roke/696-ksr10-robotska-roka.html>
- [8] WIKIPEDIJA\* (online). 2014. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://www.pinterest.com/fuzzybear4217/robot/>
- [10] CONRAD (online). 2012. (citirano 8.3.2017), dostopen na naslovu:  
[https://media.conrad.com/medias/global/ce/1000\\_1999/1900/1910/1915/191516\\_BB\\_00\\_FB\\_EPS\\_1000.jpG](https://media.conrad.com/medias/global/ce/1000_1999/1900/1910/1915/191516_BB_00_FB_EPS_1000.jpG)
- [11] LARRYO (online). 2001. (citirano 2.3.2017), dostopen na naslovu:  
[http://larryo.org/work/robotics/chorg\\_1\\_arm\\_side.jpg](http://larryo.org/work/robotics/chorg_1_arm_side.jpg)
- [12] YTIMG (online). 2011. (citirano 2.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://i.ytimg.com/vi/lQyoqsNmlIE/hqdefault.jpg>
- [13] PINIMG (online). 2008. (citirano 2.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://s-media-cache-ak0.pinning.com/originals/52/28/c2/5228c230e61200ead6fdd3980c247689.jpg>

- [14] DNEVNIK (online). 2010. (citirano 2.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://www.dnevnik.si/i/ag/2016/08/24/961815.jpg>
- [15] NYDAILYNEWS (online). 2014. (citirano 2.3.2017), dostopen na naslovu:  
[http://assets.nydailynews.com/polopoly\\_fs/1.1197998.1352301377!/img/httpImage/image.jpg\\_gen/derivatives/article\\_750/article-bionic3-1107.jpg](http://assets.nydailynews.com/polopoly_fs/1.1197998.1352301377!/img/httpImage/image.jpg_gen/derivatives/article_750/article-bionic3-1107.jpg)
- [16] PINIMG (online). 2007. (citirano 2.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/8b/52/d6/8b52d608fd352957d86336a72dd7d4a2.jpg>
- [17] 3DPRINT (online). 2015. (citirano 3.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://3dprint.com/wp-content/uploads/2015/07/311.png>
- [18] 3DSYSTEMS (online). 2005. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://www.3dsystems.com/files/first-prototype-table-printer.jpg>
- [19] THENEWSTACK (online). 2012. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://cdn.thenewstack.io/media/2014/10/contour-crafting-robotic-3d-printed-construction-2.jpg>
- [20] STUDY (online). 2016. (citirano 4.3.2017), dostopen na naslovu:  
[http://study.com/cimages/multimages/16/rsz\\_xyz\\_grid.png](http://study.com/cimages/multimages/16/rsz_xyz_grid.png)
- [21] PINOYTUTORIAL (online). 2015. (citirano 6.3.2017), dostopen na naslovu:  
<http://pinoytutorial.com/techtorial/wp-content/uploads/2011/04/zprinter-printer-img1.jpg>
- [22] USED-ROBOTS\* (online). 2016. (citirano 7.3.2017), dostopen na naslovu:  
<https://www.used-robots.com/education/the-history-of-industrial-robots>
- [23] MOBILEHYDRAULICTIPS (online). 2012. (citirano 7.3.2017), dostopen na naslovu:  
<http://www.mobilehydraulictips.com/what-are-hydraulic-cylinders/>
- [24] SENSOR (online). 2013. (citirano 7.3.2017), dostopen na naslovu:  
<http://www.sensor.si/data/upload/ultra1.jpg>
- [25] GLOBATEK (online). 2014. (citirano 7.3.2017), dostopen na naslovu:  
[http://3d.globatek.ru/rash\\_materials/visijetpxlclear\\_big\\_1.jpg](http://3d.globatek.ru/rash_materials/visijetpxlclear_big_1.jpg)

[26] PETAPIXL (online). 2014. (citirano 7.3.2017), dostopen na naslovu:

<https://petapixel.com/assets/uploads/2012/10/allsensors.jpg>

[27] BLOGSPOT (online). 2014. (citirano 7.3.2017), dostopen na naslovu:

<http://4.bp.blogspot.com/->

[nq0Q3A\\_CLbY/VDx8enzPzhI/AAAAAAAAACvY/58uipwRkPgw/s1600/spec\\_alpha\\_detect.png](http://4.bp.blogspot.com/-nq0Q3A_CLbY/VDx8enzPzhI/AAAAAAAAACvY/58uipwRkPgw/s1600/spec_alpha_detect.png)

\*- Viri informacij