

# ŠOLSKI CENTER CELJE



Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

## Raziskovalna naloga

# POLAVTONOMNI REŠEVALNI ROBOT S HIBRIDNIM POGONOM GOSENICE/KOLESA

Avtor:

Luka RUŠNIK, M-4. c

Primož PETEK, M-4. c

Matevž PEČNIK, M-4. c

Mentor:

mag. Matej VEBER, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje

Mladi za Celje, 2021

## IZJAVA

Mentor mag. Matej Veber v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Polavtonomni reševalni robot s hibridnim pogonom gosenice/kolesa , katere avtorji so Luka Rušnik, Matevž Pečnik in Primož Petek:

- 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, \_\_\_\_\_

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

## **ZAHVALA**

Zahvaljujemo se vsem, ki so nam pomagali pri izdelavi naše raziskovalne naloge. Posebej se zahvaljujemo našemu mentorju mag. Mateju Vebru, univ. dipl. inž., ki nam je dajal strokovne nasvete in nas vzpodbujal. Zahvaljujemo se tudi Brigiti Renner, prof., za lektoriranje naloge in Simoni Tadeji Ribič, prof., za lektoriranje angleškega prevoda povzetka.

## **POVZETEK**

Dandanes se dogaja vedno več naravnih nesreč, v katerih imajo glavno vlogo reševalci. Z namenom, da bi jim zmanjšali delo, ki ga opravljajo, in da bi izboljšali varnostne razmere, smo se odločili izdelati konstrukcijo za hibridnega polavtonomnega reševalnega robota. Ta naj bi bil sposoben nadomestiti človeka pri reševanju ponesrečencev. Prav tako se bo omenjeni robot udeležil svetovnega prvenstva RMRC, ki bo potekalo letos junija v Franciji. V raziskovalni nalogi smo raziskali možnost uporabljanja hibridnega pogona pri polavtonomnem reševalnem robotu. Robota smo v večini izdelali sami s pomočjo programov za 3D-modeliranje in s 3D-tiskalnikom. Vse komponente, ki jih nismo izdelali sami, smo iskali v čim nižjem cenovnem razredu oz. smo uporabili že rabljene. Kljub vsem dosedanjim izboljšavam je za napredek še vedno veliko prostora in upamo, da bo realiziran z naše strani oz. s strani naših naslednikov. Pri delu smo pridobili veliko novih znanj in neprecenljivih izkušenj za našo nadaljnjo strokovno pot.

## **SUMMARY**

Nowadays, there are more and more natural disasters in which rescuers play a major role. In order to reduce the amount of work they are required to do as well as improve the safety conditions they work in, we decided to construct a semi-autonomous hybrid rescue robot that would be able to replace humans in rescue missions. This robot will also take part in the RMRC World Championship, which will be held in France in June of 2021. In our research paper we explored the possibilities of using a hybrid drive on a semi-autonomous rescue robot. The robot was mostly made by us with the help of 3D modeling programs and a 3D printer. All the components that we did not make ourselves, were purchased at the lowest possible price. We also used the ones that had already been used before. Despite all the improvements so far, there is still a lot of room for development and we hope that these upgrades will be made by us or by our successors. While working on this project, we gained a lot of new knowledge and invaluable experience, which will surely be helpful on our professional path.

# KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE .....	5
1 UVOD.....	1
1.1 Svetovno prvenstvo RoboCup Rescue RMRC.....	2
1.1.2 Predtekmovanje.....	2
1.1.2 Finalno tekmovanje.....	6
1.2 Predstavitev problema .....	7
1.1 Hipoteze .....	8
1.2 Metode raziskovanja .....	9
2 PREDSTAVITEV POTEKA RAZISKOVALNE NALOGE .....	10
3 KONSTRUKCIJA ROBOTA.....	11
3.1 Pogon robota .....	12
3.1.1 Reduktorski pogon gosenic.....	12
3.1.2 Pogon koles.....	13
3.2 Primerjava pogonov .....	14
3.3 Sistem za spuščanje in dvigovanje koles.....	15
3.3.1 Idejne zasnove sistema za spuščanje in dvigovanje koles .....	15
3.3.2 Končni sistem za spuščanje koles .....	16
3.4 Gosenice.....	17
3.5 Robotska roka.....	18
3.6 Primerjava konstrukcij reševalnih robotov .....	19
3.6.1 Konstrukcija iz leta 2019.....	19
3.6.2 Letošnja konstrukcija reševalnega robota.....	20
4 IZDELAVA ROBOTA.....	21
4.1 3D-tisk robota.....	21
5 ELEKTRONIKA.....	22
5.1 Motorji.....	22

5.2	Napajanje.....	23
5.3	Ventilatorji .....	23
5.4	LED-lučke .....	24
5.5	Senzor ogljikovega dioksida .....	24
5.6	Električno vezje.....	25
6	PREDSTAVITEV REZULTATOV .....	26
7	MOŽNOST NADALJNJEGA RAZISKOVANJA .....	27
8	ZAKLJUČEK .....	28
9	VIRI IN LITERATURA.....	29

## KAZALO SLIK

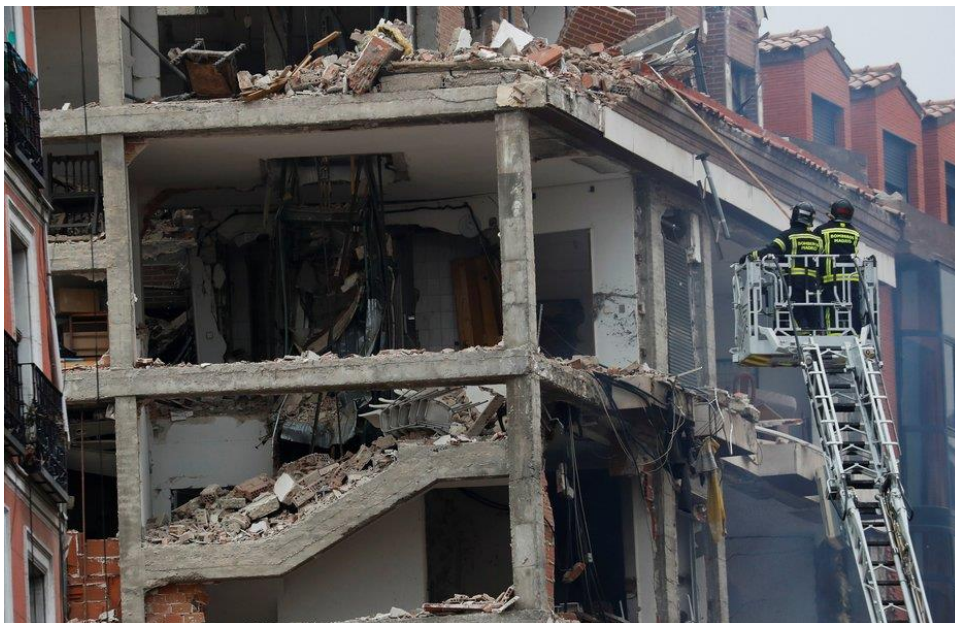
Slika 1: Reševanje po naravni nesreči .....	1
Slika 2: Tekmovalni poligon.....	2
Slika 3: Tekmovalni poligon.....	3
Slika 4: Tekmovalni poligon.....	3
Slika 5: Tekmovalni ventili.....	4
Slika 6: Celoten tekmovalni poligon.....	5
Slika 7: Znaki na tekmovanju .....	6
Slika 8: Konstrukcija robota .....	11
Slika 9: Reduktorski pogon gosenic .....	12
Slika 10: Pogon koles.....	13
Slika 11: Teoretični preračun hitrosti robota pri pogonu na kolesa in gosenice.....	14
Slika 12: Idejna zasnova za spuščanje koles in gosenic .....	15
Slika 13: Končen sistem za spuščanje koles z navojnimi vreteni.....	16
Slika 14: Sklop gosenic.....	17
Slika 15: Robotska roka, pritrjena na pokrov ohišja robota.....	18
Slika 16: Konstrukcija robota iz leta 2019.....	19
Slika 17: Flashforge Creator 3 V2 .....	21
Slika 18: Dynamixel AX-12A .....	22
Slika 19: Motor Dynamixel AX-18A .....	22
Slika 20: Baterija GENS ACE 1200MAH 11.1V .....	23
Slika 21: Ventilator .....	23
Slika 22: Reža za ventilator na pokrovu ohišja.....	23
Slika 23: LED-trak.....	24
Slika 24: Senzor ogljikovega monoksida MQ-4.....	24
Slika 25: Shema električnega vezja .....	25

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Prednosti in slabosti pri konstrukciji iz leta 2019.....	19
Tabela 2: Prednosti in slabosti pri letošnji konstrukciji reševalnega robota.....	20
Tabela 3: Predstavitev hipotez .....	26

## 1 UVOD

Vsak dan se po svetu dogajajo naravne nesreče. V zadnjem stoletju se je njihovo število močno povečalo. Razlogov za to je več, od sprememb podnebja do velikega porasta števila prebivalstva, ki živi v gosto naseljenih območjih. Naravne nesreče, ki so posledica vremenskih razmer, letno povprečno prizadenejo 205 milijonov ljudi. Kljub našemu trudu za manj onesnaževanja in poseganja v naravo se število naravnih nesreč iz leta v leto še vedno povečuje. Najpogostejše katastrofe so poplave, potresi in neurja, ki so tudi najbolj smrtonosni.



*Slika 1: Reševanje po naravni nesreči*

*(Vir: <https://www.slovenskenovice.si/media/images/20210120/863830.width-932.jpg>)*

Mnogi reševalci, ki v takšnih nesrečah pomagajo žrtvam, so izpostavljeni nevarnim razmeram. Le-te lahko v najslabšem primeru vzamejo še več življenj. Da bi to preprečili, smo si zadali cilj izdelati reševalnega robota, ki bo primeren za vožnjo po grobem terenu, bo hkrati hiter in zmožen pomagati žrtvam v stiski.

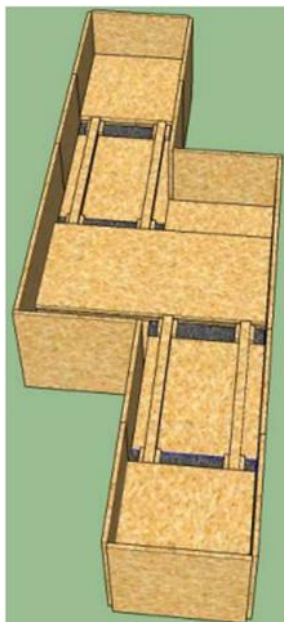


## 1.1 Svetovno prvenstvo RoboCup Rescue RMRC

Letos bo tekmovanje zaradi epidemioloških ukrepov potekalo preko spleta. Ekipe bodo najprej posnele videoposnetek premagovanja ovir na poligonu. Poleg videa bodo morale ekipe njihove poskuse premagovanje ovir na poligonu predvajati v živo. V finalu pa naj bi vse ekipe, ki so se tja uvrstile, prišel v živo ocenit član organizacijskega odbora.

### 1.1.2 Predtekmovanje

Tekmovanje RMRC je razdeljeno na dva glavna tekmovalna dela. V prvem poteka predtekmovanje, ki je razdeljeno na štiri podtekmovanja. V obveznem prvem delu se tekmuje v vožnji z robotom po različnih poligonih. Prva naloga je slalom, zatem sledi vožnja z robotom po dveh vzporedno razmaknjenih palicah, pri čemer se robot ne sme dotakniti tal. Nato je na vrsti vožnja po 30-stopinjskem klancu in na koncu še slalom vožnja po 15-stopinjskih klančinah.

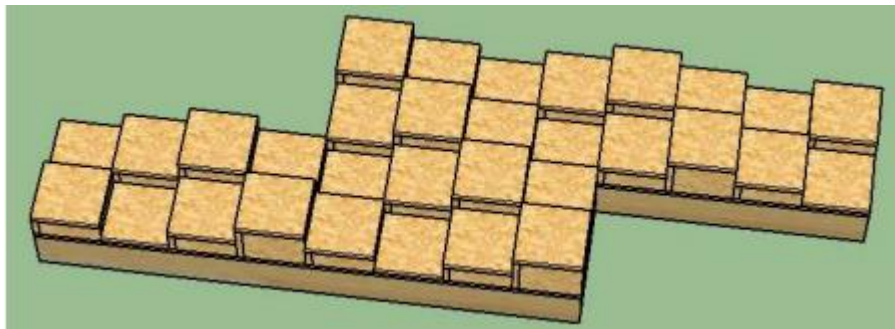


Slika 2: Tekmovalni poligon

(Vir:

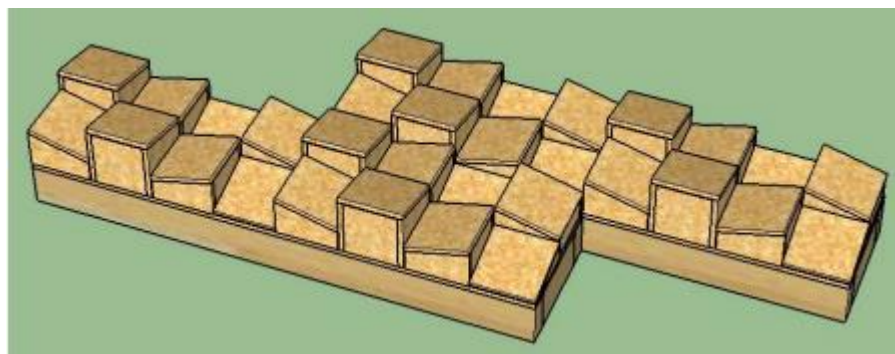
<http://oarkit.intelligentrobots.org/home/wp-content/uploads/2015/07/2016-06-1.3ma-RoboCupRescueRulebook-miniarea.pdf>)

V drugem delu se roboti pomerijo v mobilnosti. Ta del je prav tako razdeljen na štiri naloge. Pri prvi nalogi se robot spusti in dvigne čez 5 cm visoko oviro, nato sledi vožnja po 15-stopinjskem peščenem klancu. Kot tretja naloga je na vrsti vožnja po valovitem terenu, ki je sestavljen iz 15-centimetrskih kock z ravnimi ploskvami. Zadnja, četrta naloga je na pogled zelo podobna tretji. Razlikuje se le v tem, da imajo površine 15-stopinjski naklon, ki robotu vožnjo še bolj otežuje.



*Slika 3: Tekmovalni poligon z ravno površino*

(Vir: <http://oarkit.intelligentrobots.org/home/wp-content/uploads/2015/07/2016-06-1.3ma-RoboCupRescueRulebook-miniarea.pdf>)



*Slika 4: Tekmovalni poligon z nagnjeno površino*

(Vir: <http://oarkit.intelligentrobots.org/home/wp-content/uploads/2015/07/2016-06-1.3ma-RoboCupRescueRulebook-miniarea.pdf>)

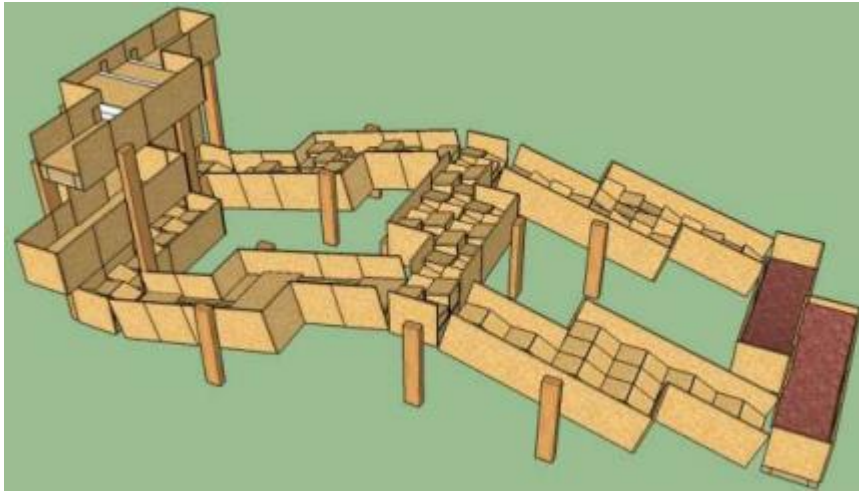
V drugem, glavnem delu sledi tekmovanje iz spretnosti robota, ki je sestavljeno iz dveh sklopov. V obeh primerih se test spretnosti izvaja s pomočjo cevi, ki so dolge 10 cm in imajo premer 5 cm. V prvem sklopu je pet tabel, na katerih je nameščenih po 5 cevi. Vsaka tabla ima svojo nalogo, te pa so pregled cevi, dotik specifičnega mesta na cevi, odvijanje pokrovčka s cevi in izvlek pokrovčka s cevi. V drugem sklopu pa se vse naloge iz prvega dela združijo v eno zahtevnejšo, v kateri so naloge na ceveh pomešane.



*Slika 5: Ventili za odpiranje na tekmovanju*

*(Vir: <http://oarkit.intelligentrobots.org/home/wp-content/uploads/2015/07/2016-06-1.3ma-RoboCupRescueRulebook-miniarea.pdf>)*

V zadnjem sklopu se roboti pomerijo še v najtežjem delu tekmovanja. To je tekmovanje, v katerem morajo roboti izrisati 2D- oziroma 3D-načrt labirinta in na progi prepoznati različne objekte, jih vrisati v načrt ter se jim izogniti. Avtonomni roboti pa imajo na voljo še dve dodatni nalogi – prva naloga je izogib luknjam, druga pa je vožnja po terenu.



*Slika 6: Celoten tekmovalni poligon*

(Vir: <http://oarkit.intelligentrobots.org/home/wp-content/uploads/2015/07/2016-06-1.3ma-RoboCupRescueRulebook-miniarea.pdf>)

### 1.1.2 Finalno tekmovanje

Po predtekmovanju sledi še finalno tekmovanje, v katerega se uvrstijo najboljše ekipe iz predtekmovanja. V finalu morajo avtonomni roboti skenirati QR-kodo, polavtonomni pa preko upravljalca skenirati Landolov kolobar. Roboti morajo tudi avtonomno razbrati število premikajočih se objektov, prepoznati simbole za nevarnost, izmeriti temperaturo in prepoznati številke preko zvoka.



Slika 7: Znaki na tekmovanju

(Vir: <http://oarkit.intelligentrobots.org/home/wp-content/uploads/2015/07/2016-06-1.3ma-RoboCupRescueRulebook-miniarea.pdf>)

## **1.2 Predstavitev problema**

V letošnjem letu smo si zadali cilj, da lanskega robota nadgradimo in mu dodamo element, ki nam bi olajšal vožnjo po labirintu oz. po terenu med reševanjem ponesrečencev. Zato smo se odločili, da bomo izdelali modularni pogon kolesa/gosenice, ki ga bo mogoče, glede na zahteve in specifikacije terena, po katerem robot vozi, brezkontaktno spreminjati glede na upravljavčeve želje in potrebe. Prav tako smo se odločili, da bomo izboljšali gosenice, ki so v preteklosti predstavljale problem.

## 1.1 Hipoteze

V raziskovalni nalogi smo si zadali cilja, da bo imel reševalni robot hibridni pogon kolesa/gosenice, hkrati pa bomo izboljšali delovanje lanskega tekmovalnega reševalnega robota. Zato smo si zastavili nekaj hipotez, s katerimi bomo lahko potrdili ali ovrgli trditev, da je hibridni pogon boljši od samih gosenic.

Za čim boljše raziskovanje in iskanje rešitev smo si zastavili naslednje hipoteze:

- H1 – Robot bo zmožen na daljavo sam menjavati pogon kolesa/gosenice.
- H2 – Robot bo s pogonom na kolesa za več kot 20 % hitrejši kakor s pogonom na gosenice.
- H3 – Možna bo souporaba koles in gosenic.
- H4 – Sistem za spuščanje koles bo samozaporen.

## **1.2 Metode raziskovanja**

Za raziskovanje smo uporabljali tri metode. Prva in najbolj uporabljena je bilo brskanje po spletu. Veliko smo si pomagali s slikami s preteklih tekmovanj, v pomoč so nam bili tudi članki o hibridnem pogonu vozila. Druga, dokaj pogosto uporabljena metoda, je bila primerjava. Primerjali smo starejši raziskovalni nalogi, ki sta imeli podobno tematiko kot naša. Zadnja, manj uporabljena metoda, pa je bilo preizkušanje. To metodo smo uporabljali predvsem pri izdelavi manjšin delov robota, npr. gosenice, držala za kolesa ..., saj so bili ti deli hitro izdelani in smo jih lahko testirali ter popravili pomanjkljivosti.



## **2 PREDSTAVITEV POTEKA RAZISKOVALNE NALOGE**

Naš glavni cilj raziskovanja je bil, da razvijemo konstrukcijo tekmovalno-reševalnega robota. Največ težav pri raziskovalni nalogi nam je predstavljal razvoj hibridnega pogona gosenice/kolesa, ki bi ga lahko na daljavo po potrebi zaradi terena menjevali. Prav tako smo med ogledom in razstavljanjem konstrukcij ugotovili, da imajo lanskoletni roboti kar nekaj pomanjkljivosti. Po tehtnem razmisleku smo se odločili, da bo letošnja konstrukcija kar precej drugačna od konstrukcije iz preteklih let.

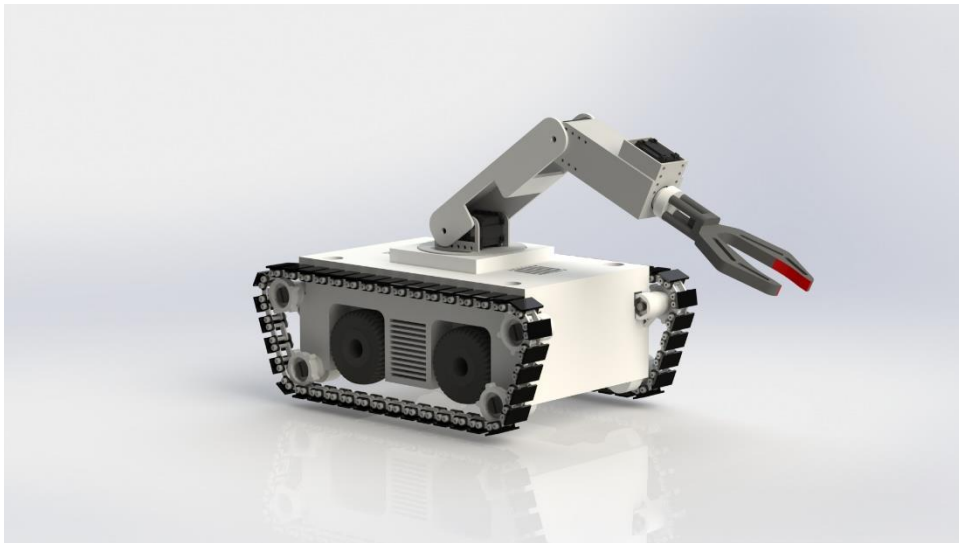
Kljub temu da je raziskovalna naloga namenjena predvsem razvoju hibridnega pogona gosenice/kolesa, pa bomo v njej predstavili tudi druga področja, ki so potrebna za uspešno izdelavo in zagon reševalnega robota. Prav tako bomo predstavili tekmovanje RoboCup Rescue RMRC 2021, ki se bo v mesecu juniju 2021 odvijalo preko spleta.

### 3 KONSTRUKCIJA ROBOTA

Odločili smo se, da bomo konstrukcijo lanskega tekmovalnega robota nadgradili, jo izboljšali in popravili pomanjkljivosti, ki smo jih zaznali med pregledom prejšnjih konstrukcij tekmovalno-reševalnih robotov. Zaznanih je bilo več vrst napak, ki smo jih uspešno odkrili, se o možnih rešitvah pogovorili in začeli vsak na svojem področju iskati najboljše možne rešitve za njihovo odpravo.

Glavne pomanjkljivosti so bile:

- zvijanje osi pogonskih motorjev,
- počasna hitrost premikanja reševalnega robota na dolgih ravnih površinah,
- izpadanje in premajhen oprijem gosenic.



*Slika 8: Konstrukcija robota*

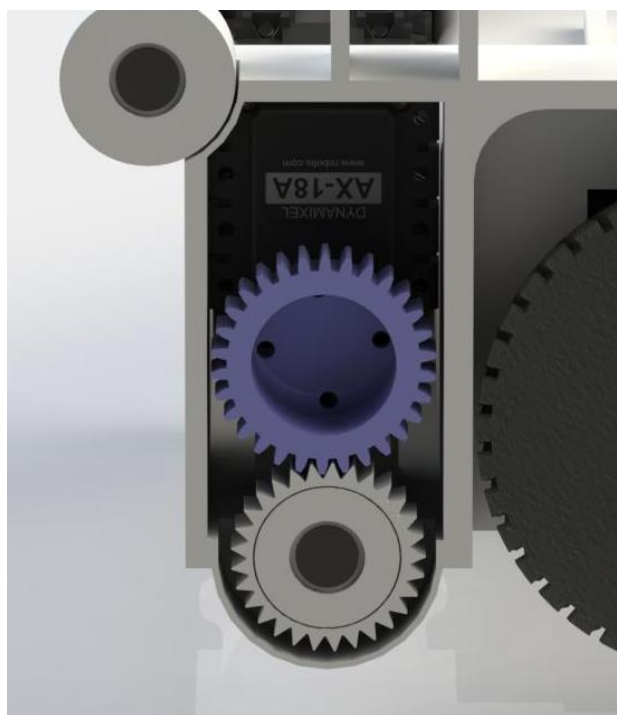
*(Osebni vir)*

### 3.1 Pogon robota

Letošnji tekmovalno-reševalni robot ima na razpolago dva pogona. Dva smo izbrali, saj lahko uporabimo vsakega posebej ali oba hkrati, kar nam omogoča boljše premagovanje ovir na poligonu in hitreje premikanje po ravninah.

#### 3.1.1 Reduktorski pogon gosenic

Med razstavljanjem predhodnih reševalno-tekmovalnih robotov smo zaznali, da so motorji, ki poganjajo gosenice, zelo poškodovani. Po pogovoru in premisleku smo ugotovili, da je za to kriva prevelika sila, ki jo ustvarjajo gumijaste gosenice, saj so preveč tesno napete med vsemi pogonskimi zobniki in vodili gosenic. Ta problem nam ni predstavljal prevelikih težav, saj smo ga brez večjih naporov odpravili. Naša rešitev pri težavi z zvijanjem osi je reductor z zobniškim razmerjem 1 : 1, ki povezuje pogonski motor in pogonski zobnik gosenic. Za razmerje 1 : 1 smo se odločili, ker je reductor navora vključen že v sam motor, ki ga bomo uporabili za pogon gosenic. Motorji za pogon gosenic so znamke Dynamixel AX-18A in se pri 12 V enosmerne napetosti vrtijo s 97 obrati na minuto. Pri konstruiranju reductorskega pogona smo upoštevali, da je potreben enostaven dostop in dobra zaščita zobnikov pred vsemi nevarnostmi, katerim je robot izpostavljen med vožnjo po poligonu.

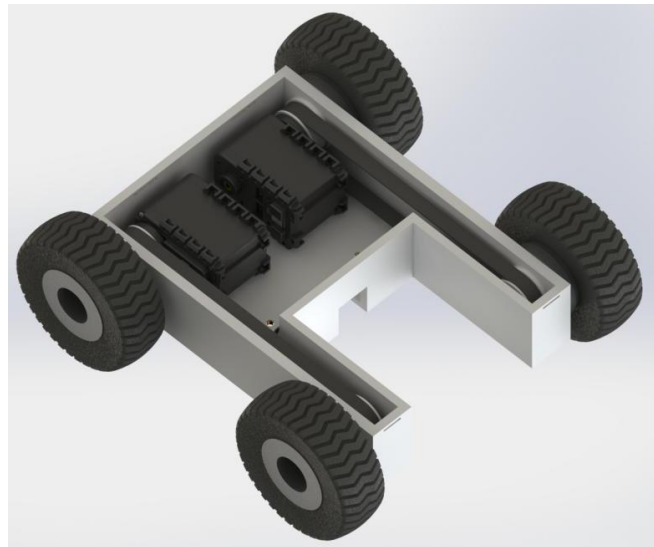


*Slika 9: Reduktorski pogon gosenic*

*(Osebni vir)*

### 3.1.2 Pogon koles

Odločili smo se, da bomo za pogon koles za vožnjo po ravninah prav tako uporabili motorje Dynamixel AX-18A. Po dve kolesi na obeh straneh bosta gnani z enim motorjem, med seboj pa bosta povezani z jermenom, ki bo služil za prenos vrtenja z enega kolesa na drugega. Za takšen pogon smo se odločili, ker se bodo kolesa v večji meri uporabljala za vožnjo po ravnih terenih in za manevriranje v nezahtevnih delih proge, pri katerih je pomembna hitrost vožnje.



*Slika 10: Pogon koles*

*(Osebni vir)*

### 3.2 Primerjava pogonov

Pri teoretičnem izračunu hitrosti robota smo prišli do ugotovitve, da so gume zelo uporabne na daljše razdalje. Teoretična hitrost gum je po izračunu veliko večja, kot smo na začetku domnevali. Hitrost robota na gumah naj bi bila v primerjavi z gosenicami za kar 118,7 % višja. Kljub natančnim izračunom pa v praksi pričakujemo manjšo razliko v hitrosti zaradi vpliva trenja in neenake površine.

$$\begin{array}{l} n = 60 \text{ min}^{-1} \\ r_1 = 35 \text{ mm} \\ r_2 = 16 \text{ mm} \\ \hline v_1 = 13,19 \text{ m/min} \\ v_2 = 6,03 \text{ m/min} \end{array} \quad \begin{array}{l} \sigma v_1 = 2\pi \cdot r_1 = 219,91 \text{ mm} \\ v_1 = \sigma v_1 \cdot n = 13,19 \text{ m/min} \\ \sigma v_2 = 2\pi \cdot r_2 = 100,53 \text{ mm} \\ v_2 = \sigma v_2 \cdot n = 6,03 \text{ m/min} \end{array}$$

Slika 11: Teoretični preračun hitrosti robota pri pogonu na kolesa in gosenice

(Osebni vir)

### 3.3 Sistem za spuščanje in dvigovanje koles

Glavni cilj raziskovalne naloge je bil razvoj sistema za spuščanje in dvigovanje koles, ki bi ga nudil hibridni pogon gosenice/kolesa in bi bil zmožen pomagati pri premagovanju težjih ovir med vožnjo po poligonu. Pri izdelavi sistema smo si zadali dva pogoja. Prvi je bil, da mora biti sistem samozaporen, kar pomeni, da robot obstane na mestu brez pomoči navora motorčka. Drugi pogoj pa je bila možnost prilagajanje višine koles glede na željo upravljavca robota.

#### 3.3.1 Idejne zasnove sistema za spuščanje in dvigovanje koles

Med raziskovanjem in izdelovanjem sistemov za spuščanje in dvigovanje koles smo razmišljali o več smereh pomikov koles proti tlor. Najprej smo si zamislili sistem, ki bi kolesa na tla spustil s pomočjo dveh servomotorjev. Problem pri tem sistemu je bil, da se kolesa proti tlor niso spuščala vodoravno, temveč diagonalno. Po tehtnem razmisleku smo ugotovili, da nam takšen sistem ne izpolnjuje obeh pogojev, ki smo si jih zadali za uspešno spuščanje koles proti tlor. V drugem poskusu smo servomotorja zavrtili za  $90^\circ$ . Tudi v tem primeru je prišlo do težav. Ob prebiranju različnih forumov, razmisleku in preračunu teže našega robota smo ugotovili, da z uporabo servomotorjev ne moremo zagotoviti samozapornega učinka, saj je teža robota prevelika in bi se servomotorji med vožnjo sesedali, posledično pa bi gosenice začele zavirati robotovo vožnjo.



Slika 12: Idejna zasnova za spuščanje koles in gosenic

(Osebni vir)

### 3.3.2 Končni sistem za spuščanje koles

Po razmisleku smo se odločili, da bomo za spuščanje koles uporabili dve navojni vreteni. Uporabili smo navojno vreteno debeline 8 mm s korakom 2 mm. Vreteni poganja en Dynamixel AX-18A motor. Vrtenje pogonskega motorja se na vretena prenaša s pomočjo zobniškega prenosa. Takšen sistem nam omogoča hitro in natančno spuščanje koles proti tlom. Prav tako nam izpolnjuje drugi pogoj, saj je sistem samozaporen in za vzdrževanje višine ne potrebuje pomoči motorja, torej posledično ne porablja električne energije, ki je shranjena v robotovi bateriji.

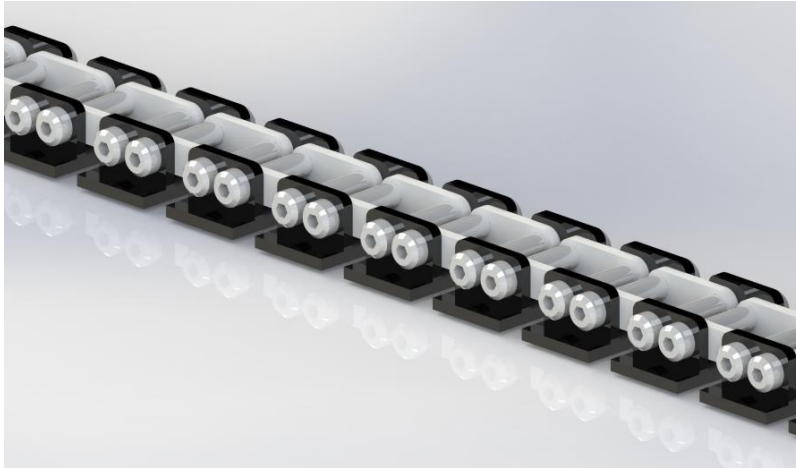


*Slika 13: Končni sistem za spuščanje koles z navojnimi vreteni*

*(Osebni vir)*

### 3.4 Gosenice

Odločili smo se, da ne bomo uporabili gumijastih gosenic, ki so ustvarjale preveliko silo na pogonske motorje in so padale iz utorov. Zamenjali smo jih s 3D tiskanimi gosenicami, ki so kompaktne in ne drseče. Pri sestavu gosenic bo možna hitra zamenjava polomljenih členov, saj so gosenice med seboj povezane z vijaki in maticami, ki služijo hitremu spajanju in razstavljanju gosenic. Prav tako smo na spodnjo stran gosenic nanесли ne drsečo snov za njihov boljši oprijem, lažje premagovanje ovir in za višjo hitrost robota pri njihovi uporabi.



*Slika 14: Sklop gosenic*

*(Osebni vir)*



### 3.5 Robotska roka

Robotska roka, ki na tekmovanju služi za odpiranje in zapiranje ventilov, je nameščena na pokrovu ohišja tekmovalno-reševalnega robota. Sestavljajo jo trije deli, ki jih premikajo štirje Dynamixel AX-18A motorji. Roka ima štiri osi. Med vožnjo in premiki robota po labirintu se zloži v osnovni položaj in s tem razbremeni nameščene pogonske motorje, ki so nameščeni na njej. Na ta način prihranimo tudi električno energijo, saj motorčki za ohranjanje položaja ne potrebujejo napetosti. Prav tako je v osnovnem položaju najmanj možnosti, da pride do neželenih poškodb ali zlomov robotske roke. Roka v iztegnjenem položaju meri 425 mm, v osnovnem položaju pa ne sega preko ohišja robota. Na njenem koncu je pritrjeno prijemalo, ki opravlja različne naloge med tekmovanjem. Opremljeno je z gumijastimi konicami, ki služijo boljšemu oprijemu elementov, ki jih roka prestavlja. Prijemalo se odpira in zapira s pomočjo enosmernega motorja, ki je nameščen v njegovem ohišju in je tako zaščiten pred zunanjimi vplivi.



*Slika 15: Robotska roka, pritrjena na pokrov ohišja robota*

*(Osebni vir)*

### 3.6 Primerjava konstrukcij reševalnih robotov

Pomembno vlogo pri izdelavi konstrukcije reševalnega robota so predstavljale pretekle konstrukcije, s katerimi so se naši predhodniki udeležili tekmovanj. Prav tako so bile pomembne informacije, pridobljene s strani bivših tekmovalcev in našega mentorja. Stremeli smo k temu, da bi vsako informacijo v zvezi s pomanjkljivostmi na robotu dodelali ali pa jo odpravili. Zaradi tega smo letos razvili povsem novo konstrukcijo, ki nam bo omogočala lažjo vožnjo po poligonu in krajše čase pri opravljanju nalog.

#### 3.6.1 Konstrukcija iz leta 2019

Med pregledovanjem konstrukcije iz leta 2019 smo zaznali kar nekaj pomanjkljivosti, ki bi jih lahko odpravili in s katerimi bi lahko čas vožnje po poligonu izboljšali.



Slika 16: Konstrukcija robota iz leta 2019

(Osebni vir)

Tabela 1: Prednosti in slabosti pri konstrukciji iz leta 2019

Prednosti	Slabosti
Nastavljiv naklon gosenic	Izpadanje gosenic
Boljši oprijem gosenic	Zvijanje pogonskih osi
Velika oddaljenost ohišja od tal	Nasedanje robota med vožnjo

### 3.6.2 Letošnja konstrukcija reševalnega robota

Letos smo poskušali pri izdelavi konstrukcije reševalnega robota upoštevati vse pomanjkljivosti, ki smo jih zaznali med preverjanjem predhodnih konstrukcij. Naša glavna novost je hibridni pogon kolesa/gosenice, ki se lahko neodvisno drug od drugega uporablja med vožnjo po poligonu. Prav tako nam bodo kolesa služila pri vožnji po razgibanem terenu, kjer bodo delovala sočasno z gosenicami in bodo služila kot sistem proti nasedanju robota na ohišje.

*Tabela 2: Prednosti in slabosti pri letošnji konstrukciji reševalnega robota*

Prednosti	Slabosti
Hibridni pogon gosenice/kolesa	Fiksne gosenice brez nastavljivega kota
Reduktorski pogon gosenic	Majhna oddaljenost ohišja od tal
Manjše sile na pogonske motorje	
Sistem proti nasedanju robota	

## 4 IZDELAVA ROBOTA

Za izdelavo konstrukcije robota smo uporabljali tehnologijo 3D-tiskanja, ki nam je omogočala hitro izdelavo in prilagajanje sestavnih komponent tekmovalno-reševalnega robota po naših željah. Vse tiskane dele smo sestavili s pomočjo razstavljevih vijčnih zvez, ki omogočajo trdno spajanje in hkrati možnost hitre razstavitve ter hitre menjave obrabljenih oz. polomljenih sestavnih delov reševalnega robota.

### 4.1 3D-tisk robota

Skoraj vse konstrukcijske dele reševalnega robota smo natisnili s pomočjo 3D-tiskalnika. 3D-tisk je dokaj hitra in cenovno ugodna metoda izdelave sestavnih delov reševalnega robota. Prav tako lahko z njegovo pomočjo na enostaven način izdelamo sestavne dele, katerih izdelava bi na zahtevnejših strojih terjala več znanja in izkušenj. Za tiskanje smo uporabili tiskalnik Flashforge Creator 3 V2, ki podpira tehnologijo dvojnega tiskanja, kar pomeni, da ima tiskalnik dve tiskalni glavi, s katerima lahko hkrati tiska dva enaka kosa. Za tiskanje smo uporabljali PLA-plastiko, ki nam s pomočjo natančno umerjenega tiskalnika omogoča zelo dobre tolerance, in sicer  $\pm 0,05$  mm. Zaradi medsebojnega ujemanja sestavnih delov je to zelo pomembno.



*Slika 17: Flashforge Creator 3 V2*

*(Vir: <https://www.azurefilm.si/3d-tiskalnik-flashforge-creator-3-dvojni-ekstruder>)*

## 5 ELEKTRONIKA

Za dobro delovanje reševalnega robota je potrebna natančna izbira elektronskih komponent. Pri njihovi izbiri smo si pomagali s starimi roboti. Nekaj komponent smo reciklirali (motorji in senzor), nekaj pa je novih.

### 5.1 Motorji

Za pogon robota smo izbrali servomotorje Dynamixel AX-18A. Za pogon gosenic sta na vsaki strani nameščena dva motorja, torej skupaj štirje. Še dva dodatna motorja služita za pogon koles, eden pa je namenjen mehanizmu, ki spušča in dviguje kolesa. Za ta tip motorjev smo se odločili, saj imajo dokaj velik navor in visoko hitrost vrtenja. Za upravljanje robotske roke pa smo uporabili štiri Dynamixel AX-12A motorje in dodatni manjši servomotorček za stiskanje in spuščanje prijemale. Zanje pa smo se odločili, ker potrebujemo večjo natančnost premikanja, manjši navor in manjšo hitrost vrtenja kot pri pogonu robota.



Slika 19: Motor Dynamixel AX-18A

(Vir:

<https://emanual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax-18a/>)



Slika 18: Dynamixel AX-12A

(Vir:

<https://emanual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax-12a/>)

## 5.2 Napajanje

Za vir električne energije smo izbrali baterijo GENS ACE 1200MAH 11.1V. Zanja smo se odločili, saj ima napetost, ki ustreza vhodni napetosti motorjev, in je zelo kompaktna, kar omogoča lažje vgrajevanje v robota.



Slika 20: Baterija GENS ACE 1200MAH 11.1V

(Vir:

<https://www.modelartechnik.si/index.php?p=1&a=1&id=2161&idk1=500&idk2=500&idn=502>)

## 5.3 Ventilatorji

Zaradi kompaktnosti robota smo se odločili tudi uporabiti dva manjša ventilatorja za hlajenje komponent in boljši pretok zraka. Oba bosta vgrajena na pokrov robota, pri čemer bo eden od njiju zrak srkal v robota in hladil krmilnik, drugi pa bo pihal zrak iz njega. Med ventilator in pokrov robota smo vstavili tudi kos blaga, ki prašnim delcem preprečuje vdor v robotovo notranjost.



Slika 22: Ventilator

(Vir:

<https://www.ceneje.si/Izdelek/7669713/racunalnistvo/komponente/ostale-komponente/ventilator-4x4x1cm-12v-3pin-xilence-whitebox>)



Slika 21: Reža za ventilator na pokrovu ohišja

(Osebni vir)

## 5.4 LED-lučke

Za lažjo navigacijo robota skozi temnejše prostore smo se odločili za uporabo LED-diod in trakov. LED-trakove smo namestili na sprednjo in zadnjo stran robota za razsvetljevanje prostora pred in za njim. LED-diode pa smo namestili na robotsko roko za osvetljevanje specifičnega dela poti, ovir ...



Slika 23: LED-trak

(Vir:

<https://outlets.eoutlet2021.com/content?c=iguzzini%20underscore%20led%20strip&id=13>)

## 5.5 Senzor ogljikovega dioksida

Ker je ena od nalog na tekmovanju tudi zaznavanje ogljikovega dioksida, smo se odločili za uporabo MQ-4 senzorja za pline. Ta senzor smo izbrali zaradi njegove kompaktnosti in lahke vezave. Njegova pozitivna lastnost je, da lahko pošilja tako analogne kot digitalne signale do krmilnika in da ima senzor predhodno vgrajen filter.

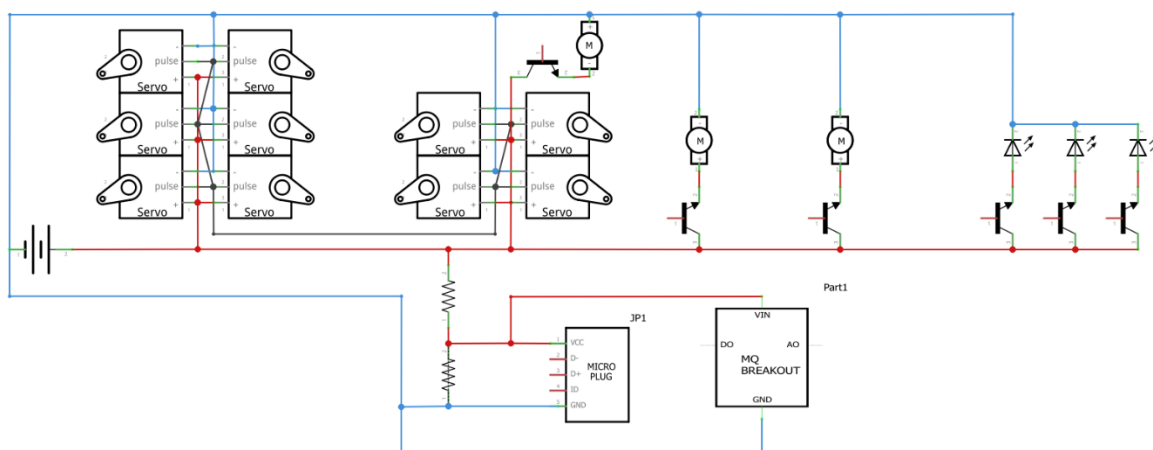


Slika 24: Senzor ogljikovega monoksida MQ-4

(Vir: <https://robohaat.com/product/mq-4-gas-sensor/>)

## 5.6 Električno vezje

Vse omenjene komponente smo uporabili v električnem vezju, ki ga prikazuje spodnja slika.



Slika 25: Shema električnega vezja

(Osebni vir)

Na skrajni levi se nahaja baterija, ki poganja motorje za gosenice, gume in roko. Ti motorji se upravljajo preko podatkovnega vodila, kar je na shemi povezano s črnimi kabli. Servomotorček za stiskanje in spuščanje prijemala na roki se upravlja preko tranzistorja, ki je povezan na krmilnik. Na enak način se upravljajo tudi LED-luči in ventilatorji. Na dnu sheme pa je prikazan še USB-priključek za napajanje krmilnika.



## 6 PREDSTAVITEV REZULTATOV

Kljub temu da se nam je zdela naloga na začetku zelo zapletena, smo jo uspešno dokončali. Pri raziskovanju smo naleteli na veliko težav, a smo jih uspeli razrešiti s pomočjo spleta in lastnega znanja, ki smo ga pridobili med izobraževanjem.

*Tabela 3: Predstavitev hipotez*

<b>H1 - Robot bo zmožen na daljavo sam menjavati pogon kolesa/gosenice.</b>	DRŽI
<b>H2 - Robot bo s pogonom na kolesa za več kot 20 % hitrejši kakor s pogonom na gosenice.</b>	DRŽI
<b>H3 – Možna bo souporaba koles in gosenic.</b>	DRŽI
<b>H4 – Sistem za spuščanje koles bo samozaporen.</b>	DRŽI

### **H1 - Robot bo zmožen na daljavo sam menjavati pogon kolesa/gosenice.**

Z uporabo navojne palice za premik smo dosegli samodejno menjavo pogona kolesa/gosenice, kar omogoči še manjše vmešavanje človeka v delovanje robota.

### **H2 - Robot bo s pogonom na kolesa za več kot 20 % hitrejši kakor s pogonom na gosenice.**

Robot v teoriji s pogonom na kolesa doseže kar 118,7 % višjo hitrost kakor s pogonom na gosenice.

### **H3 – Souporaba koles in gosenic.**

Robot je zmožen hkrati uporabljati gosenice in kolesa, kar mu omogoča hitrejše in boljše premikanje.

### **H4 – Sistem za spuščanje koles bo samozaporen.**

Samozaporno spuščanje smo dosegli s pomočjo navojnega vretena, ki je bilo med mnogimi idejami najboljše, saj se tako na motor prenaša najmanj sile.

## **7 MOŽNOST NADALJNJEGA RAZISKOVANJA**

Možnosti za nadaljnje raziskovanje je še veliko, vendar menimo, da bi bilo najpomembneje zmanjšati sistem za pogon koles. Z zmanjšanjem bi pridobili dosti prostora v robotu, ki bi lahko bil namenjen večji bateriji za napajanje, večjim in močnejšim motorjem za pogon ali dodatni opremi za lažjo uporabo robota (trajno pritrjena kamera spredaj in zadaj). Pozornost bi lahko namenili tudi zobnikom za prenos. Izdelali bi jih lahko iz aluminija in jim s tem podaljšali življenjsko dobo, sprememba teže pa bi lahko bila skoraj zanemarljiva.

## **8 ZAKLJUČEK**

Raziskovalna naloga nam je na začetku predstavljala velik izziv, saj takšnega projekta še nismo izdelovali. Prav tako pa nam je omogočila, da nadgradimo svoje znanje na področjih elektrotehnike in CAD-modeliranja. Spoznali smo nove funkcije v CAD-modeliranju in s tem postali boljši v izdelovanju CAD-modelov. Prav tako pa smo postali boljši pri reševanju različnih problemov, ki so se nam pojavili med raziskovanjem.

## 8 VIRI IN LITERATURA

- (1) HEDŽET KOSTAJNŠEK, Ž., KOLENC, J. in SAMEC, J. Polavtonomni reševalni robot. Raziskovalna naloga, 2020, str. 32-34
- (2) MARINŠEK, Ž., PLOHL, F. in REJC ZAGOŽEN, T. Detekcija parametrov okolice pri robotskem reševanju. Raziskovalna naloga, 2019, str. 13
- (3) Naravne nesreče (Svetovni splet). (citirano 05. 3. 2021). Dostopno na naslovu: <https://siol.net/novice/novice/katere-naravne-nesrece-so-najbolj-smrtonosne-394876>
- (4) Motor Dynamixel AX-12A (Svetovni splet). (citirano 10. 3. 2021). Dostopno na naslovu: <https://emannual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax-12a/>
- (5) Motor Dynamixel AX-18A (Svetovni splet). (citirano 10. 3. 2021). Dostopno na naslovu: <https://emannual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax-18a/>