

Šolski center Celje

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

Učni model hidroelektrarne

Raziskovalna naloga

Področje: gradbeništvo

Avtorja:

Jakob Kokovnik, S-4. b

David Škorjanec, S-4. b

Mentor:

Aleš Ferlež, mag. inž. energ.

Žan Podbregar, mag. inž. energ.

Celje, 2020/2021

IZJAVA

Mentorja Aleš Ferlež in Žan Podbregar v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljava, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Učni model hidroelektrarne, katere avtorja sta Jakob Kokovnik in David Škorjanec:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- 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,
- 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 razpisnimi pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, _____

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

DOVOLJENJE ZA OBJAVO AVTORSKE FOTOGRAFIJE V RAZISKOVALNI NALOGI

Podpisana Jakob Kokovnik in David Škorjanec izjavljava, da sva avtorja 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 in Žana Podbregarja z naslovom Učni model hidroelektrarne, katere avtorja sta Jakob Kokovnik in David Škorjanec. Dovoljujema 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 avtorjev:

Priloga:

-seznam fotografskega gradiva (kazalo slik)

ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem, ki so kakorkoli pomagali pri izdelavi raziskovalne naloge. Brez pomoči naloga ne bi nastala, pa naj je šlo le za spodbudne besede, majhno idejo ali pa nasvete in kritike pri izdelovanju izdelka. Najprej bi se zahvalila mentorjema Alešu Ferležu, mag. inž. energ., ter Žanu Podbregarju, mag. inž. energ., za ves trud, čas, podporo in vztrajnost, ki sta jo vložila v izdelovanje raziskovalne naloge. Zahvalila bi se jima tudi za tehnični pregled naloge. Zahvala gre tudi Dragomiri Kunej, prof., za slovnični pregled in ravnateljici Simoni Črep, prof., ki podpira raziskovalno dejavnost na šoli.

POVZETEK

Z vedno večjo gradnjo elektrarn, ki za proizvodnjo električne energije uporabljajo obnovljive vire energije, mora vsak bodoči strojnik ali mehatronik razumeti delovanje takšnih elektrarn. Glede na to, da je več kot petina vse elektrike na svetu proizvedene z izkoriščanjem vodne energije, je potrebno poznati delovanje hidroelektrarn. Namen najine raziskovalne naloge je, da koncipirava ter nato konstruirava učni model hidroelektrarne, na katerem naj bi bila možna menjava med Peltonovo turbino, Francisovo turbino ter Kaplanovo turbino ter s tem pomagati dijakom pri boljšem razumevanju hidroelektrarn. Ugotovila sva, da je izdelava modela, na katerem lahko menjavaš med vsemi tremi turbinami, neizvedljiva.

Ključne besede: konstruiranje, obnovljivi viri energije, učni model HE, Peltonova turbina, Francisova turbina, Kaplanova turbina

SUMMARY

With the increasing construction of power plants that use renewable energy sources to produce electricity, every future engineer or mechanical engineer must understand the operation of such power plants. Given that more than a fifth of all electricity in the world is produced by utilizing hydropower, it is necessary to know the operation of a hydropower plant. The purpose of our research paper is to concept and then construct a learning model of a hydropower plant on which the exchange of the Pelton turbine, the Francis turbine, and the Kaplan turbine should be possible, thus helping students to better understand hydropower plants. We found out that making a model that can exchange between all three turbines is undoable.

Key words: construction, renewable energy sources, learning model of a hydro power plant, Pelton turbine, Francis turbine, Kaplan turbine

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	OPIS SPLOŠNEGA PODROČJA RAZISKOVALNE NALOGE.....	1
1.2	HIPOTEZE	2
1.3	METODE RAZISKOVANJA.....	2
1.4	STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA.....	2
2	HIDRO ELEKTRARNE.....	3
2.1	ENERGIJA VODE V ELEKTRIKO.....	3
2.2	HIDROELEKTRARNE V SLOVENIJI	4
2.3	VRSTE VODNIH TURBIN.....	4
2.3.1	Peltonova turbina.....	4
2.3.2	Francisova turbina	5
2.3.3	Kaplanova turbina.....	6
2.4	UČNI MODELI HIDROELEKTRARN	7
2.4.1	Trg	7
2.4.2	Konkurenca.....	7
3	KONCIPIRANJE UČNEGA MODELA HIDROELEKTRARNE	8
3.1	RAZJASNITEV NALOGE.....	8
3.1.1	Strukturna shema	9
3.1.2	Drevo ciljev učnega modela hidroelektrarne	10
3.1.3	Konceptna skica.....	12
3.2	MOŽNE REŠITVE	12
4	KONSTRUIRANJE UČNEGA MODELA HIDRO ELEKTRARNE.....	16
4.1	SNOVANJE.....	16
4.2	MATERIAL.....	16
4.3	KONSTRUIRANJE SESTAVNIH DELOV	17
4.3.1	Rezervoar.....	17
4.3.2	Podloga	17
4.3.3	Magnetni merilnik pretoka	18

4.3.4	Podpora.....	18
4.3.5	Dušilni ventil za hidravliko	19
4.3.6	Priklop za črpalko	19
4.3.7	Priklopna cev	20
4.4	STANDARDNI DELI.....	20
4.4.1	Motor-pump MPLN142.....	20
4.4.2	Kolešček	21
4.4.3	PVC cevi.....	21
4.4.4	PVC cevni kotnik	22
4.4.5	Votli kvadratni profil	23
4.4.6	Votli pravokotni profil.....	24
4.4.7	Vijaki	25
4.4.8	Matice	25
4.5	KONČNI MODEL	26
5	PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVALNE NALOGE.....	28
6	ZAKLJUČEK	29
7	VIRI IN LITERATURA	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Proizvodnja elektrike v HE	3
Slika 2 : HE v Sloveniji	4
Slika 3 : Peltonova turbina.....	5
Slika 4 : Francisova turbina	5
Slika 5 : Kaplanova turbina	6
Slika 6 : Modela na trgu	7
Slika 7 : Strukturna shema.....	9
Slika 8 : Drevo ciljev učnega modela hidroelektrarne	10
Slika 9 : Konceptna skica	12
Slika 10 : centrifugalna črpalka	13
Slika 11 : Končni CAD model.....	14
Slika 12 : Skiciran drugi model	15
Slika 13 : CAD model rezervoar za vodo.....	17
Slika 14 : CAD model podloge	17
Slika 15 : CAD model magnetni merilnik pretoka	18
Slika 16 : CAD model podpora	18
Slika 17 : CAD model dušilni ventil za hidravliko	19
Slika 18 : CAD model priklop za črpalko	19
Slika 19 : CAD model priklopne cevi	20
Slika 20 : CAD model Motor-pump MPLN142.....	20
Slika 21 : CAD model kolesček	21
Slika 22 : CAD model PVC cevi.....	21
Slika 23 : PVC cevi po standardu ASTM D1785	22
Slika 24 : CAD model PVC cevni kotnik.....	22
Slika 25 : CAD model votli kvadratni profil	23

Slika 26 : votli kvadratni profili po standardu UNI 7812.....	23
Slika 27 : CAD model votli pravokotni profil.....	24
Slika 28 : votli pravokotni profili po standardu UNI 7813.....	24
Slika 29 : inbus vijak po standardu DIN 912	25
Slika 30 : matica po standardu DIN 934.....	25
Slika 31 : Slike končnega CAD modela	26
Slika 32 : Slike končnega CAD modela	26
Slika 33 : Slike končnega CAD modela	27
Slika 34 : Slike končnega CAD modela	27

KAZALO TABELE

Tabela 1 : Zahtevnik.....	8
---------------------------	---

UPORABLJENE KRATICE

HE – Hidroelektrarna

3D – Tridimenzionalno

CAD – Computer Aided Design

OVE – Obnovljivi viri energije

PVC – polyvinyl chloride

1 UVOD

1.1 OPIS SPLOŠNEGA PODROČJA RAZISKOVALNE NALOGE

V sodobnem svetu se pojavlja vedno večja potreba po električni energiji, brez katere si ne moremo več zamisliti normalnega življenja, saj napaja večino aparatov uporabljenih v vsakdanjem življenju. Zaradi tega se potreba po električni energiji vedno večja, kar pomeni, da moramo izdelovati bolj varčne naprave ali pa povečati produkcijo električne energije. Problem nastopi pri onesnaževanju, saj elektrarne na fosilna goriva ne glede na vse filtre spuščajo veliko količino žlahtnih plinov, ki uničujejo ozračje ter ozonsko plast. Zaradi teh razlogov se znanstveniki vedno bolj obračajo na obnovljive vire energije, ki naj bi v tem stoletju postali edini vir pridobivanja električne energije v Evropi. Glede na to, da je Slovenija zelo bogata z rekami, je večina energije iz obnovljivih virov pridobljena s pomočjo hidroelektrarn. Ta način pridobivanja energije ne predstavlja velike obremenitve okolja, zato je zelo primeren. Poleg tega je najpomembnejši obnovljivi vir energije. Več kot petina vse elektrike na svetu je proizvedene z izkoriščanjem vodne energije. Na podlagi teh dejstev sva tudi izbrala to raziskovalno nalogo ter zasnovala učni model hidroelektrarne, ki naj bi dijaku pomagal pri razumevanju same hidroelektrarne ter pridobivanju energije s pomočjo različnih tipov turbin.

Pri sami izvedbi raziskovalne naloge sva naletela na kar nekaj problemov pri iskanju standardnih delov ter tri velike probleme, pri katerih sva prišla do nekakšnih alternativ. Že pri samem koncepiranju sva odkrila najin prvi velik problem, in to je ta, da vse tri različice vodnih turbin v eden sistem ne bova mogla integrirati zaradi prevelike razlike v tehničnih podatkih. Do manjšega problema sva prišla tudi pri konstruiranju PVC cevi ter jeklenih profilov, saj standardov nisva našla v nobenem slovenskem katalogu. Po najdbi standardov sva začela modelirati ter prišla na najino drugo veliko oviro. Glede na to, da ima vsaka firma za vodne črpalke svoje načrte ter na spletu ni nič podano, nisva imela dostopa do CAD modela najine zaželene vodne črpalke, ki je zaradi specifikacij najbolj ustrezna. Zaradi tega sva v sistem vključila CAD model drugačnega tipa vodne črpalke z enakim premerom cevi ter delala na podlagi tega. Za temi ovirami sva model dovršila z eno izjemo, saj sva za končni model potrebovala CAD model turbin, za katere sva poslala prošnje, na katere nam pa niso odgovorili. Zaradi tega bi predlagala, da se ta raziskovalna naloga naslednje leto nadaljuje.

1.2 HIPOTEZE

Cilj raziskovalne naloge je bil, da konstruiramo 3D učni model HE, pri katerem lahko menjaš med tremi vrstami vodnih turbin.

V raziskovalni nalogi sva si postavila naslednje hipoteze:

- ❖ Pri konstruiranju bova pridobila CAD model turbin.
- ❖ Učni model bo omogočal lažje razumevanje delovanja hidroelektrarne.
- ❖ Učni model HE bo lahko menjal med tremi različnimi turbinami.
- ❖ Menjava turbin bo preprosta.
- ❖ Učni model HE bo enostaven za premikanje.

1.3 METODE RAZISKOVANJA

Pri pripravi raziskovalne naloge nisva imela na razpolago veliko prototipov, saj se samo eno podjetje zanima za to področje. Zaradi velikega poudarka na OVE je zelo priporočljivo, da vsak dijak razume delovanje HE, kar s pomočjo tega učnega modela dosežemo. Vsa gradiva za pripravo raziskovalne naloge sva našla na spletu, v največjo oporo nama pa je bila stran podjetja GUNT Hamburg, ki je edina firma, ki se ukvarja z izdelavo učnih modelov HE.

1.4 STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA

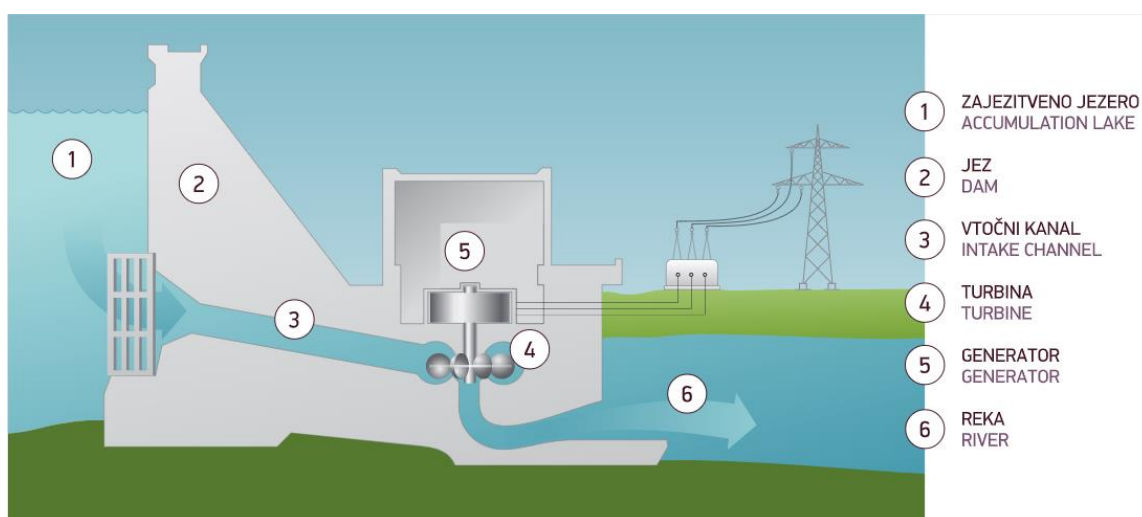
V raziskovalni nalogi sva sprva splošno opisala področje raziskovalne naloge in si zadala hipoteze. Nato sva povzela najine raziskovalne metode ter sledila s kratkim opisom HE, treh glavnih vodnih turbin ter konkurencu na trgu. Po kratkem opisu sva se poglobila v najino koncipiranje, kjer sva razjasnila nalogo, naredila strukturno shemo, drevo ciljev ter konceptno skico. Zatem sva razložila možne rešitve ter najine probleme pri izdelavi CAD modela. Po koncipiranju sva se lotila konstruiranja CAD modelov, ki sva jih razdelila v standardne ter nestandardne komponente ter na koncu na kratko opisala najin končni model. Raziskovalno nalogo sva končala z odgovori na najine prej zadane hipoteze ter zaključkom.

2 HIDRO ELEKTRARNE

Skozi leta se je izkoristek energij vodotokov povečal in danes poznamo različne turbine, narejene samo za izkoriščanje kinetične in potencialne energije vodotoka. Voda je eden izmed najstarejših virov energije, ki se jih je človek naučil izkoriščati. Je najpomembnejši obnovljivi vir energije. Več kot petina vse elektrike na svetu je proizvedene z izkoriščanjem vodne energije, ki so jo začeli izkoriščati naši predniki že pred dvema tisočletjema. Več stoletij je hidroenergija namesto človeka opravljala fizično delo. Uporabljala se je v glavnem za neposreden pogon mlinov, žag, črpalk in drugih podobnih naprav. Kasneje so ugotovili, da lahko hidroenergijo pretvorijo v električno energijo. [1]

2.1 ENERGIJA VODE V ELEKTRIKO

Hidroelektrarne pretvarjajo energijo vodnega padca v električno energijo (slika 1). Razpoložljiva energija hidroelektrarn je odvisna od višine vodnega padca in pretoka vode. V vodi, ki se zadržuje za jez-om, se zaradi višine vodnega padca akumulira potencialna energija. Ko voda skozi vtočni kanal steče v turbino, se ta energija pretvori v mehansko energijo vrtenja turbine. Generator pa vrtenje spremeni v električno energijo. Glede na količino vode v akumulacijskem jezeru, način polnjenja jezera in način uporabe, delimo hidroelektrarne na pretočne, akumulacijske in črpalne. [2]

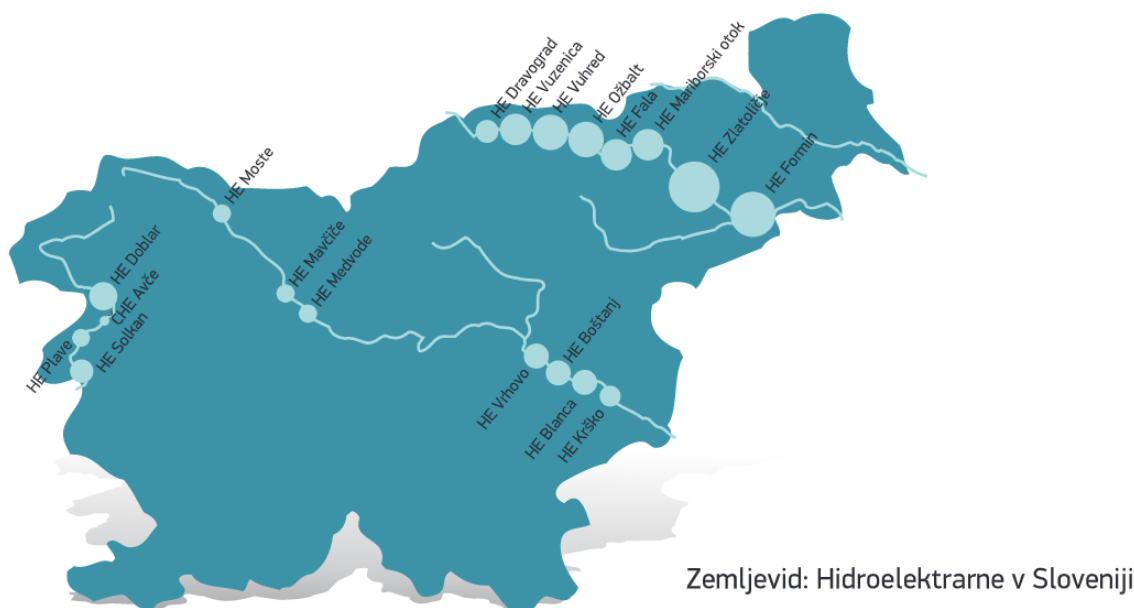


Slika 1: Proizvodnja elektrike v HE

(Vir : [2])

2.2 HIDROELEKTRARNE V SLOVENIJI

Hidroelektrarne v Sloveniji so na Soči, Savi in Dravi (slika 2). Skupna moč vseh HE znaša 1014 MW. Povprečna proizvodnja HE v Sloveniji je 3700 GWh/leto. Po podatkih Statističnega urada so leta 2010 slovenske HE proizvedle 4629 GWh električne energije, kar je 29 odstotkov vse električne energije, proizvedene v Sloveniji. [2]



Slika 2 : HE v Sloveniji

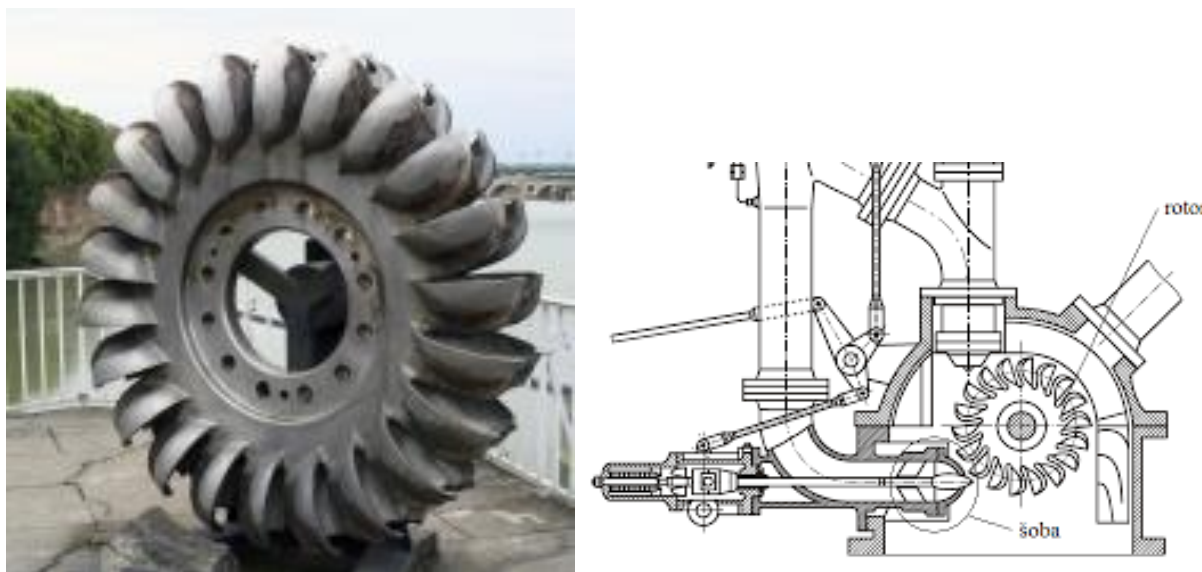
(Vir : [2])

2.3 VRSTE VODNIH TURBIN

2.3.1 Peltonova turbina

Peltonova vodna turbina (slika 3) se uporablja pri manjših pretokih in visokih padcih vode. Voda potuje po cevovodu, ki se zaključi s šobo, ki brizga vodo na lopatice turbine. Lopatice imajo obliko enojne ali dvojne zajemalke. Izkoristek turbin je od 85-odstoten do 90-odstoten, moč pa do 250 MW. [3]

Je primerna za majhne pretoke in velike padce: od 60 do 2000 m. [3]

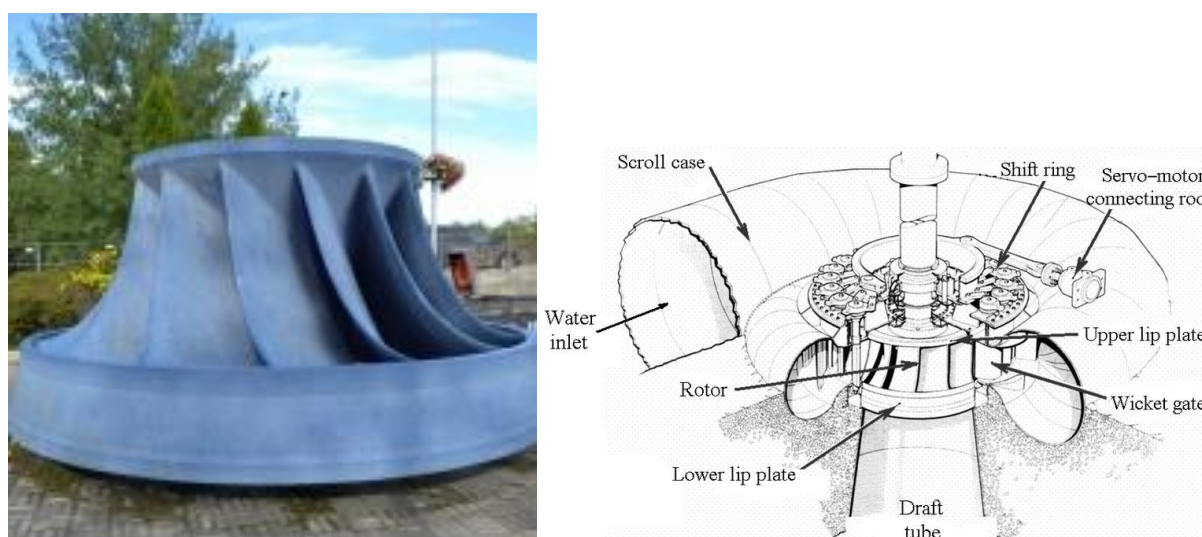


Slika 3 : Peltonova turbina

(Vir : [3], http://lab.fs.uni-lj.si/kes/energetska_proizvodnja/ep-predavanje-h04.pdf)

2.3.2 Francisova turbina

Francisovo vodno turbino (slika 4) uporabljamo za srednje velike padce in srednje velike pretoke (10 do 400 m). Turbina ima radialni vstop in aksialni izstop vode. Moč turbine je odvisna od pretoka vode in smeri toka glede na lopatice gonilnika. To spreminjamo z vodilnikom (lopatice, ki vodijo vodo v turbino). S spreminjanjem lege lopatic lahko reguliramo količino vode, ki gre v turbino in posledično moč turbine. Izkoristek Francisove turbine je do 90 %. [3]

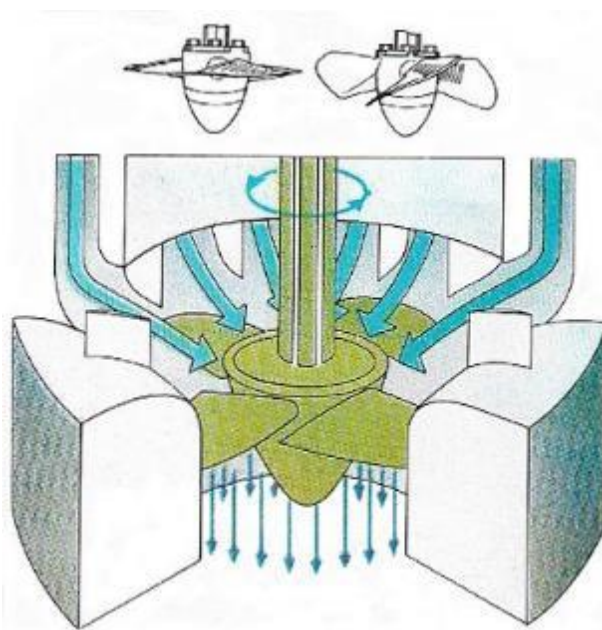


Slika 4 : Francisova turbina

(Vir : [3], https://www.researchgate.net/figure/Francis-turbine-scheme-Littler-1_fig1_309845409)

2.3.3 Kaplanova turbina

Kaplanovo vodno turbino (slika 5) uporabljamo pri nizkih padcih in velikih pretokih vode. Gonilnik je podoben ladijskemu vijaku in ima dve do osem lopatic, katerih kot lahko nastavljamo. Profil lopatice je podoben profilu letalskega krila. Voda vstopa in izstopa aksialno. Tudi pri Kaplanovi turbini se uravnava moč turbine z vodilnimi lopaticami (vodilnikom). V primerjavi z drugimi turbinami dosegamo boljše izkoristke, nad 90 %. [3]



Slika 5 : Kaplanova turbina

(Vir : [3], https://www.daviddarling.info/encyclopedia/K/AE_Kaplan_turbine.html)

2.4 UČNI MODELI HIDROELEKTRARN

2.4.1 Trg

Na trgu sva zaradi male zahteve tega izdelka odkrila samo dva modela; eden namenjen Francisovi turbini ter drug namenjen Kaplanovi turbini. Oba modela (Slika 6) sta bila na spletni strani firme GUNT Hamburg, na kateri poleg tega izdelujejo tudi manjše verzije vodnih turbin, do katerih se nisva dokopala.



Slika 6 : Modela na trgu

(Vir : [4])

2.4.2 Konkurenca

Glede na prej navedene podatke konkurence za učni model HE dejansko ni, saj se samo eno podjetje ukvarja s konstrukcijo, ki definitivno ni optimalna in se da poboljšati. Poleg tega model, ki bi uporabljal samo Peltonovo turbino, v Evropi ne obstaja. To pomeni, da se na evropskem trgu lahko naredi karkoli, saj še ni nobenega produkta.

3 KONCIPIRANJE UČNEGA MODELA HIDROELEKTRARNE

V fazi koncipiranja je potrebno vseskozi iskati rešitve določenih problemov, ki se neprestano pojavljajo. Iskanje rešitev sicer poteka čez celoten proces razvoja, ker si vedno domisliš kaj novega in boljšega, kar je tudi najbolj značilno ravno za to fazo razvoja. Danes obstaja mnogo poti ,kako najti dobro rešitev. Teorija na grobo razdeli iskanje rešitev na konvencionalne metode, intuitivne metode in sistematično iskanje rešitev. V praksi so vse metode med seboj prepletene. [4]

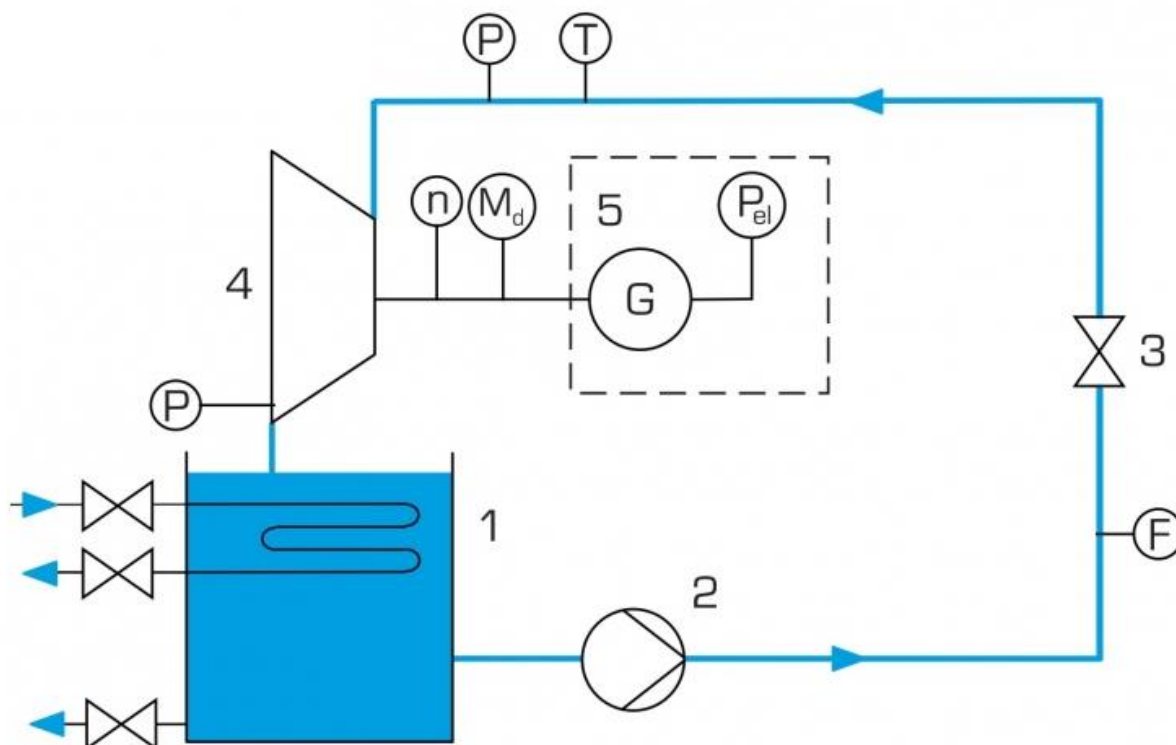
3.1 RAZJASNITEV NALOGE

Skonstruirati moramo učni model HE, ki bo imel možnost menjave turbin. Učni model naj vsebuje senzor pretoka vode ter dušilni ventil za hidravliko. Dimenzije in oblika sta lahko poljubna, vendar moramo upoštevati velikost dvigala za lažjo transportacijo ter delovno višino. Zahteve in želene zahteve so prikazane v zahtevniku (tabela 1). Zahteve, ki morajo biti izpolnjene, so v prvem stolpcu tabele označene z Z. Zahteve, za katere si želimo, da bi bile izpolnjene, so označene s črko Ž, kar pomeni želja.

Tabela 1 : Zahtevnik

Z – zahteva Ž - želja	zahteva
Z	varna uporaba
Z	enostavno zamenjava turbin
Z	enostavno vzdrževanje
Ž	uporaba standardnih sestavnih delov
Z	uporaba dvigala za transport
Z	zagotavljati mora namensko funkcijo
Ž	univerzalen sistem
Ž	možna menjava vseh treh omenjenih vodnih turbin

3.1.1 Strukturna shema



Slika 7 : Strukturna shema

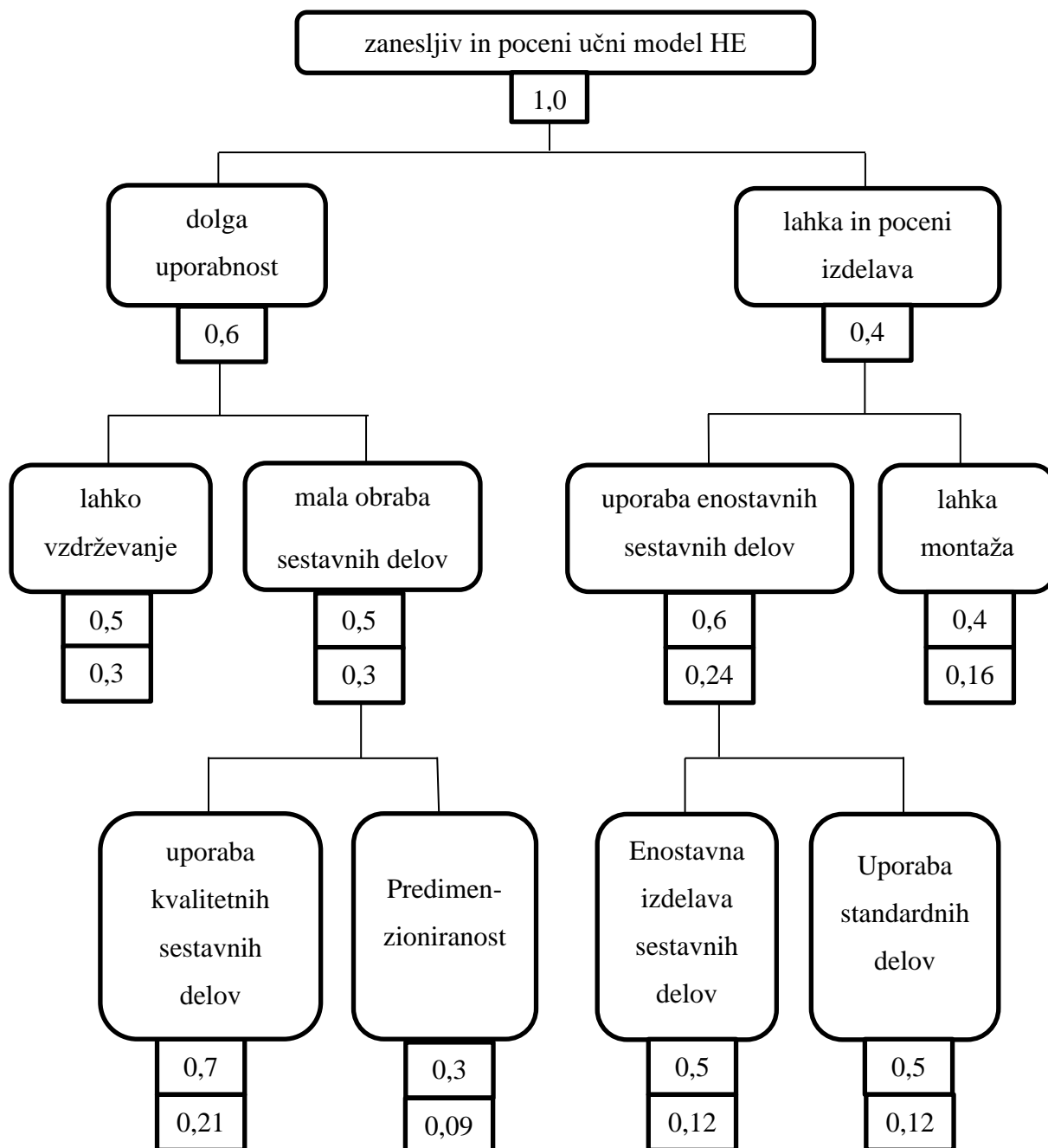
(Vir : [5])

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Rezervoar vode z opsijskim hlajenjem | P – tlak |
| 2. Centrifugalna črpalka | F – pretočnost |
| 3. Dušilni ventil za hidravliko | T – temperatura |
| 4. Vodna turbina | n - vrtljaji |
| 5. Generator | M _d – moment |
| | P _{el} – električna moč |

Sistem (slika 7) dela tako, da črpalka črpa vodo iz rezervarja v sistem. Tej vodi pred vstopom v turbino izmerimo pretočnost, temperaturo in tlak. V vodni turbini se energija vode pretvori v kinetično energijo, ki jo s pomočjo generatorja pretvorimo v električno energijo. Z uporabo zgoraj navedenih podatkov lahko tudi izračunamo učinkovitost turbine.

3.1.2 Drevo ciljev učnega modela hidroelektrarne

Iz zahtevnika smo ovrednotili probleme oziroma možne rešitve glede na tehnično in ekonomsko izvedljivost. Kriteriji za vrednotenje se izdelajo glede na zahtevnik, zato si je smotrno narediti drevo ciljev (slika 8). Tukaj si zahteve oziroma cilje razporedimo po pomembnosti. Vsaki zahtevi se določi utež. S tem dosežemo, da izpolnitev določenega kriterija prispeva sorazmeren in relativni delež k celotni vrednosti rešitve. [4]



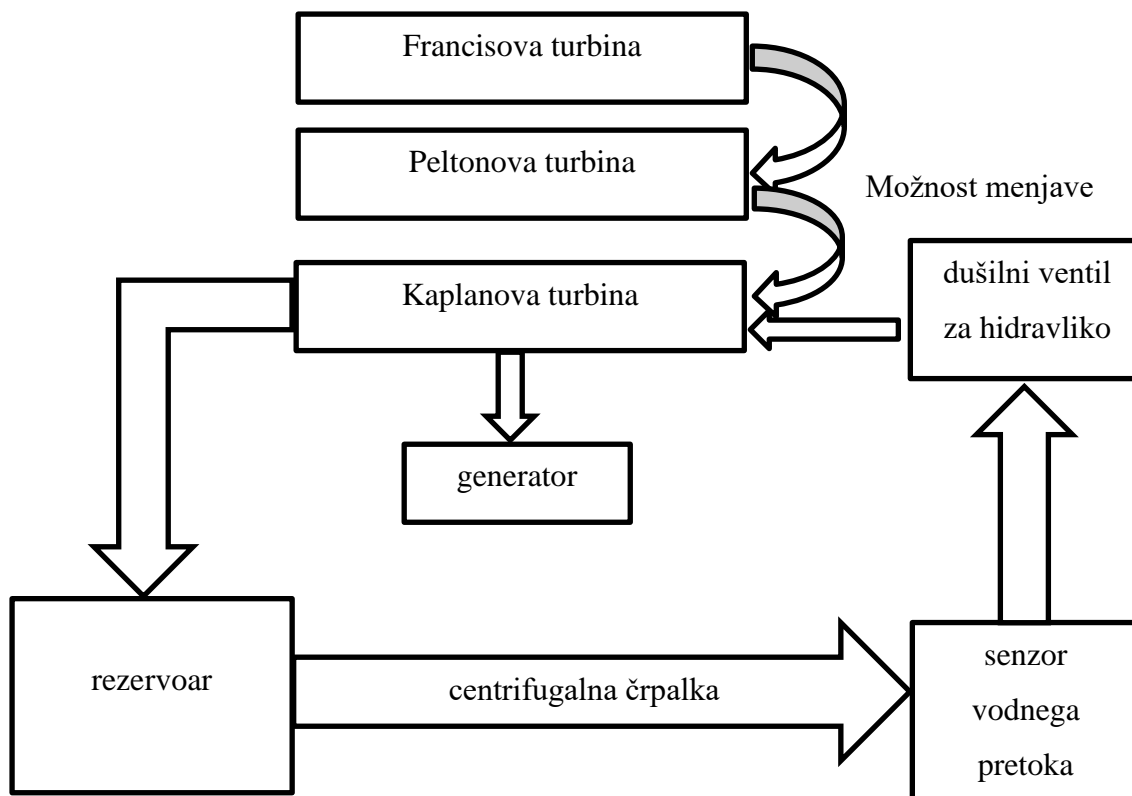
Slika 8 : Drevo ciljev učnega modela hidroelektrarne

Pri gradnji drevesa ciljev postopamo po naslednjih korakih:

- Primarnemu kriteriju, to je v našem primeru učni model HE, z možno zamenjalo vodnih turbin, dodelimo utež 1,0. Zanesljivost je verjetnost, da bo izdelek deloval določen čas, ne da bi se pokvaril.
- Ta utež je nato razdeljena na delna kriterija, in sicer na dolgo uporabnost ter lahko in poceni izdelavo. Prva se nam je zdela pomembnejša, zato sva ji določila utež 0,6, drugi pa 0,4.
- Smatramo, da je dolga uporabnost odvisna od lahkega vzdrževanja in male obrabe sestavnih delov. Pri tej točki smatramo, da sta oba kriterija približno enako pomembna. Zato smo jima dodelili utež 0,6, ki se razdeli na pol.
- Mala obraba sestavnih delov pa je lahko odvisna od predimenzioniranja in uporabe kvalitetnejših sestavnih delov. Ocenili smo, da je vgradnja kvalitetnejših strojnih delov pomembnejša od predimenzioniranja sistema. Posledično smo kvaliteti dodelili utež 0,7, predimenzioniranju pa 0,3.
- Drugi kriterij, to je lahka in poceni izdelava, je odvisen od uporabe enostavnih sestavnih delov in lahke montaže. Večjo utež (0,6) smo določili uporabi enostavnih sestavnih delov, manjšo (0,4) pa lahki montaži.
- Uporabo enostavnih sestavnih delov pa smo še naprej razdelili na enakovredni uteži, enostavno izdelavo sestavnih delov in uporabo standardnih sestavnih delov.

Absolutna vrednost kriterij se dobi z množenjem relativne uteži na določenem nivoju z utežjo enega nivoja višje. Primer za lahko vzdrževanje in malo obrabo sestavnih delov: $0,6 * 0,5 = 0,3$. [4]

3.1.3 Konceptna skica



Slika 9 : Konceptna skica

Koncept (slika 9) je takšen, da je na učnem modelu HE možna zamenjava med vsemi tremi turbinami brez zamenjave drugih komponent.

3.2 MOŽNE REŠITVE

Rešitve sva začela iskati na spletu. Poleg tega sva kar nekaj predlogov pridobila od sošolcev ter iz nekaterih strokovnih del, ki sva jih prav tako prebrala na spletu. Pri izdelavi sva kar veliko idej pridobila tudi iz dveh modelov, ki sva ju našla na spletu. Poleg vseh informacij sva tudi poskušala poiskati čim več standardnih delov. Namreč, z uporabo standardnih delov lahko določeno stvar narediš hitreje in kar je danes zelo pomembno, ceneje. Do večine rešitev sva prišla med raziskavo ali pa kar naključno.

Koncipiranje je že samo po sebi zahtevna naloga, saj združuje mnogo potrebnih znanj in izkušenj ter razgledanosti. Poleg tega moramo čim več stvari narediti po standardih, saj s tem drastično znižamo čas izdelave in znižamo ceno izdelka.

Pri koncipiranju sva morala biti zelo pozorna, saj poskušava v en sistem vključiti tri različne vrste vodnih turbin, ki se zelo razlikujejo.

Prva ideja je bila zelo preprosta ter ni vzela veliko časa, saj sva hotela dobiti nekakšen vzorec izdelka, ki ga lahko dopolnjujeva ter izvršiva. Zatem sva počasi dodajala komponente, dokler nisva prišla do najine prve ovire. Ta je bila v obliki vodne črpalke, saj sva pri raziskavi našla vse tri vodne turbine v pomanjšani obliki. Bile so približno enake velikosti in sva primerjala tehnične detajle. Problem se je pojavil pri Peltonovi turbini, ki je imela od drugih dveh turbin kar 45 % manjši pretok. To bi lahko že pričakovala, saj se Francisova in Kaplanova turbina tudi v praksi uporabljata pri visokih pretokih. Na drugi strani pa se Peltonova turbina v praksi uporablja pri nizkem pretoku ter visokih padcih. To pomeni, da moramo v sistemu povečati tlak ter zmanjšati pretok tekočine.

Zaradi tega sva že kar hitro ugotovila, da je integracija Peltonove turbine zelo težavna, saj bi morali narediti sistem, ki ima v osnovi visoko pretočnost ter nizek tlak ter se pri menjavi na Peltonovo turbino spremeni v sistem, ki bi naj imel majhno pretočnost ter visok tlak. Čeprav sva prišla do nekaterih idej, sva vedno naletela na enako težavo, in to je ta, da bi bila menjava iz Kaplanove/Francisove turbine na Peltonovo turbino preveč težavna ter časovno neučinkovita.

Na koncu sva se odločila, da bova poskusila narediti dva sistema, enega s Peltonovo turbino in drugega s Kaplanovo ter Francisovo turbino.

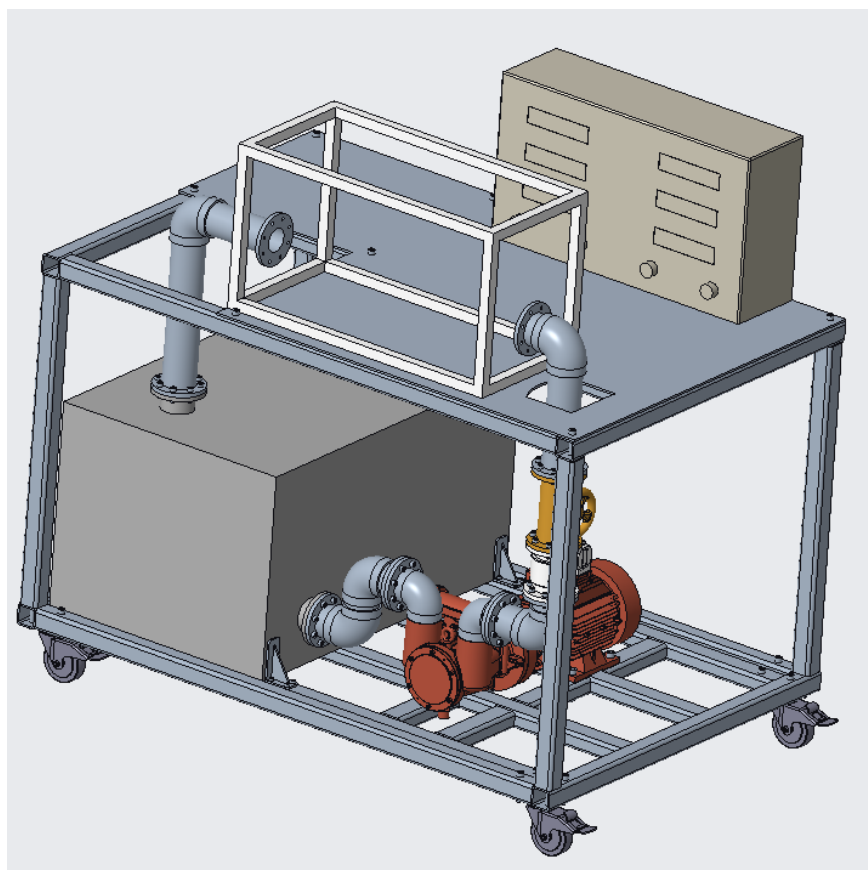
Po prvotni raziskavi sva se lotila konstruiranja ter počasi izdelovala najin učni model HE. Za izdelavo ohišja sva uporabila samo standardne dele. Po končani konstrukciji ohišja sva se lotila cevovoda, kjer sva odkrila velik problem. Ta se je tako kot prej pojavil pri vodni črpalci. Za najin učni model HE, ki bi naj uporabljal Kaplanovo ter Francisovo turbino, sva se odločila za uporabo centrifugalne črpalke (slika 10), ki ima odlično pretočnost ter je zelo tiha. Zaradi majhnih specifikacij ter pomanjkanju načrta, te črpalke ni bilo možno konstruirati. Zaradi tega sva v dejanskem modelu uporabila drugo črpalco.



Slika 10 : Centrifugalna črpalca

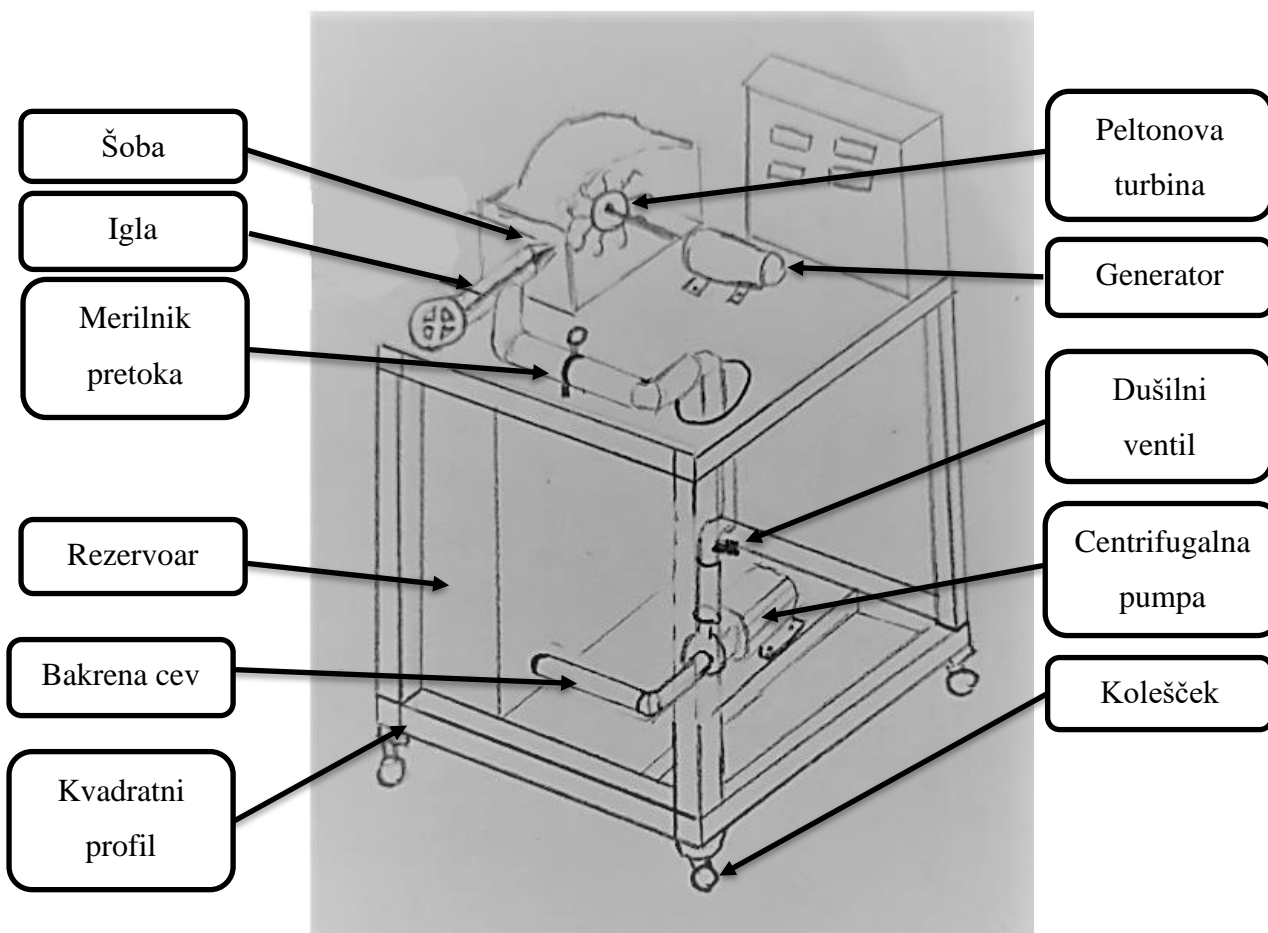
(Vir : <http://m.si.chinapumpstools.com/dc-solar-pumps/oem-surface-centrifugal-pump-with-1hp.html>)

Po tej oviri sva imela kar nekaj časa, dokler nisva prišla na najino zadnjo oviro. Ta se je pojavila pri povpraševanju CAD modela turbin, ki ga nisva mogla pridobiti od proizvajalca. Zaradi te težave bi predlagala, da se ta raziskovalna naloga nadaljuje naslednja leta na temo konstruiranje CAD modela vodnih turbin. Zaradi možnosti nadaljevanja te raziskovalne naloge sva že vnaprej v končni CAD model (slika 11) vgradila prostor za turbini.



Slika 11 : Končni CAD model

Po končanemu CAD modelu učnega sistema hidroelektrarne, ki lahko menja med Francisovo ter Kaplanovo turbino, sva se lotila izdelave sistema, ki bi vseboval samo Peltonovo turbino. Po nekaj skicah sva končno prišla do nekakšne ideje, kako naj bi sistem izgledal (slika 12).



Slika 12 : Skiciran drugi model

Na koncu sva se odločila, da lahko sistem oblikujeva po prvem. Enako kot v prvem sistemu sva izbrala centrifugalno pumpo, za cevovod sva pa izbrala bakrene cevi, ki se pod velikim tlakom ne bodo deformirale. Zaradi same moči bakrenih cevi pa naj ne bi prišlo do porušitve sistema.

Sistem dela tako, da iz rezervoarja črpa vodo s pomočjo centrifugalne pumpe ter to vodo po bakrenem cevovodu vodi skoti dušilni ventil ter merilnik pretoka. Nato voda pride do šobe, kjer s pomočjo igle lahko uravnavamo pretok. Ta šoba z visokim tlakom brizga vodo na lopatice turbine ter jo začne pomikati. Generator to delo pretvori v elektiko, voda pa se vrne nazaj v rezervoar. Zaradi podolgovatega rezervoarja, ki je povezan s Peltonovo turbino, ter bakrenega cevovoda je ta sistem manjši.

4 KONSTRUIRANJE UČNEGA MODELA HIDROELEKTRARNE

Pod pojmom konstruiranje ljudje razumemo modeliranje in risanje izdelka ter izdelovanje pripadajoče dokumentacije, ki jo potrebujejo tehnologi oziroma tisti, ki pripravljajo proizvodno linijo in stroje za nemoten potek proizvodnje. Konstruiranje je eden izmed procesov, ki sodelujejo pri nastanku izdelka. Ta proces pripelje do dokumentacije, a še zdaleč ne predstavlja vsega, kar je potrebno narediti, da uresničimo potrebo po novem izdelku. [4]

4.1 SNOVANJE

V fazi snovanja sva določila obliko, materiale in proizvodni proces. Upoštevala sva tri osnovna pravila, in sicer jasnost, preprostost in varnost.

Za izdelek sva naredila CAD model ter ga zasnovala tako, da izpolni osnovno funkcijo ter omogočila enostavno izdelavo, uporabo in vzdrževanje.

4.2 MATERIAL

Pri izbiri materiala moramo upoštevati več dejavnikov: kemični vpliv okolja, fizične obremenitve, količino materiala, obliko, proizvodnjo, razpoložljivost materiala, dobo uporabnosti, razgradnjo, stroške, ...

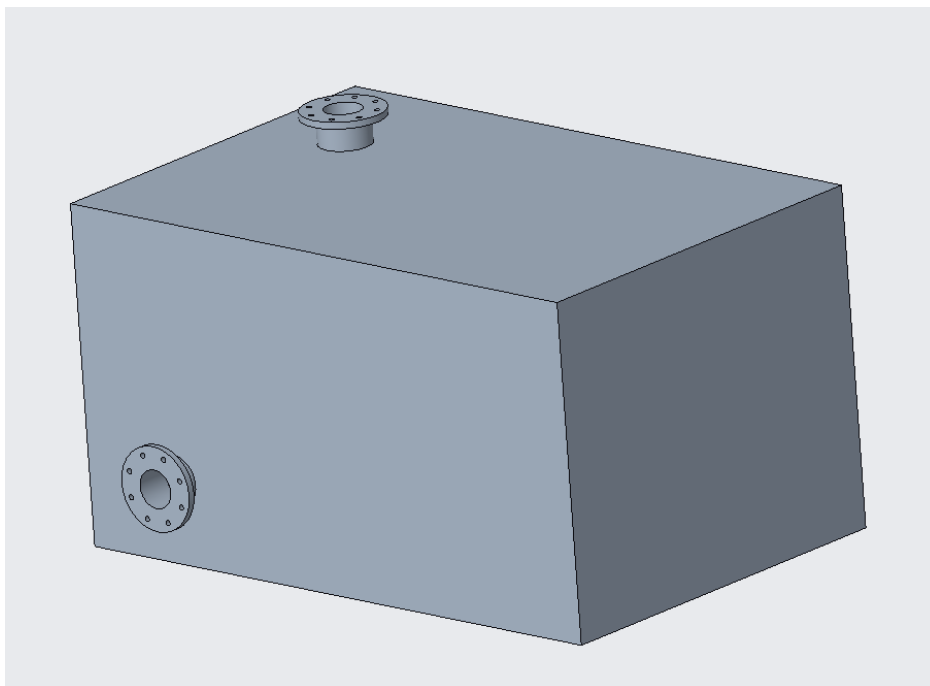
Pri izbiri sva se odločila za nerjaveče jeklo, ker ima dobro korozijsko odpornost glede na to, da se ukvarjava z vodo. Pri osnovni konstrukciji sva se odločila za jeklo oziroma za njegove profile. Jeklo sva izbrala zaradi same moči materiala ter velikih obremenitev zaradi teže rezervoarja.

Nerjaveča jekla so zlitine železa in legirnih elementov, ki tudi ob dolgotrajnejšem stiku z vodo ali vlažnim zrakom ne zarjavijo oziroma korodirajo. Korozijsko odpornost jim daje dodatni element krom (najmanj 11,5 %), ki na površini tvori tanko samozaščitno oksidno plast. [6]

Za cevi sva izbrala polyvinyl chloride ali PVC, saj se nam je zdel kot najbolj primeren material za ta projekt, ker je zelo trpežen ter močan in se večkrat uporablja pri konstrukciji vodovoda, ker mora prenesti velike sile. Poleg tega ima velik premer, kar pomeni, da je pretočnost sistema večja pod manjšim tlakom.

4.3 KONSTRUIRANJE SESTAVNIH DELOV

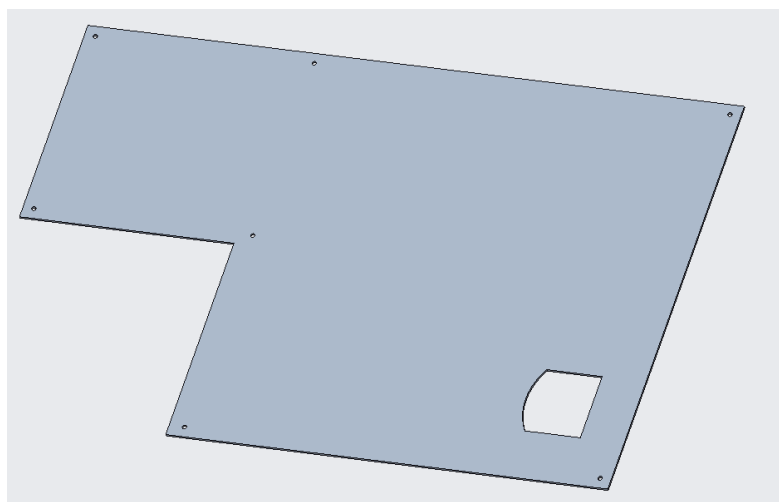
4.3.1 Rezervoar



Slika 13 : CAD model rezervoar za vodo

Gre za enostaven rezervoar (slika 13) narejen iz nerjaveče pločevine s privarjenima priklonnikoma za cevovod. Naloga rezervoarja je, da drži vodo.

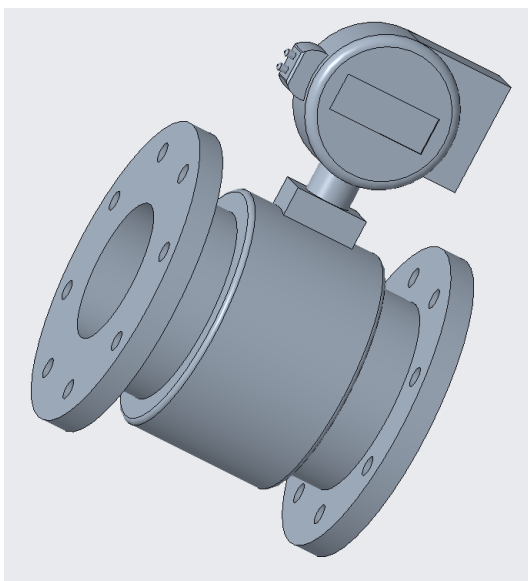
4.3.2 Podloga



Slika 14 : CAD model podloge

Gre za podlogo (slika 14) narejeno iz nerjaveče pločevine, ki se na vrh ohišje pritrdi z vijačno zvezo.

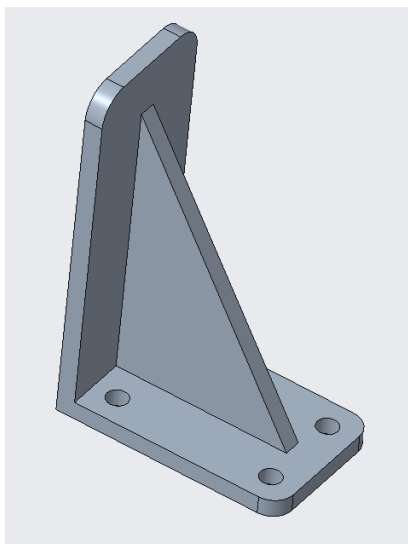
4.3.3 Magnetni merilnik pretoka



Slika 15 : CAD model magnetni merilnik pretoka

Funkcija zgornjega merilnika (slika 15) je, da natančno odčita hitrost pretoka vode v sistemu. Magnetni merilnik pretoka je standardni del, a ni bil zmodeliran po dejanskem produktu, tako da gre za drugačne mere. Ta merilnik se v sistem pritrdi okrog cevi ,ki je na vsaki strani pritrjena z osmimi vijaki, ki zagotavljajo stabilnost ter vodotesnost.

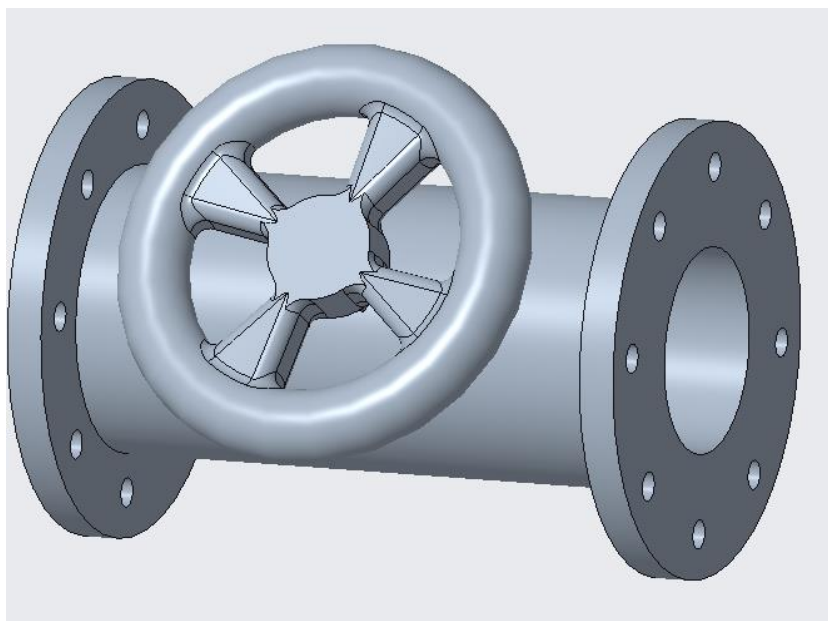
4.3.4 Podpora



Slika 16 : CAD model podpora

Gre za podporo (slika 16), ki drži rezervoar na mestu s pomočjo štirih vijakov, ki pritrdijo podporo na jekleni profil.

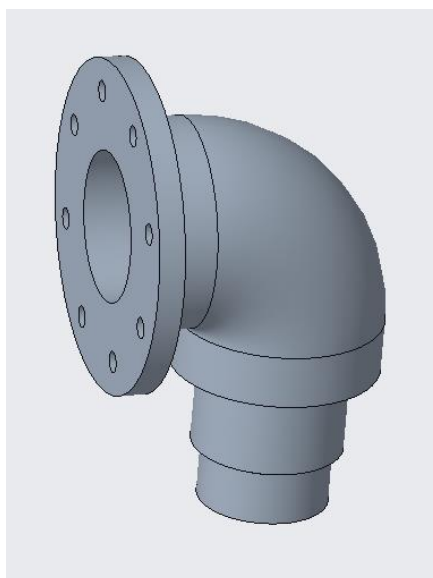
4.3.5 Dušilni ventil za hidravliko



Slika 17 : CAD model dušilni ventil za hidravliko

Na zgornji sliki je prikazan CAD model dušilnega ventila za hidravliko, ki uporabniku omogoča kontrolirati pretok v sistemu. Dušilni ventil za hidravliko se v sistem pritrdi z osmimi vijaki na vsaki strani, ki zagotavljajo stabilnost ter vodotesnost.

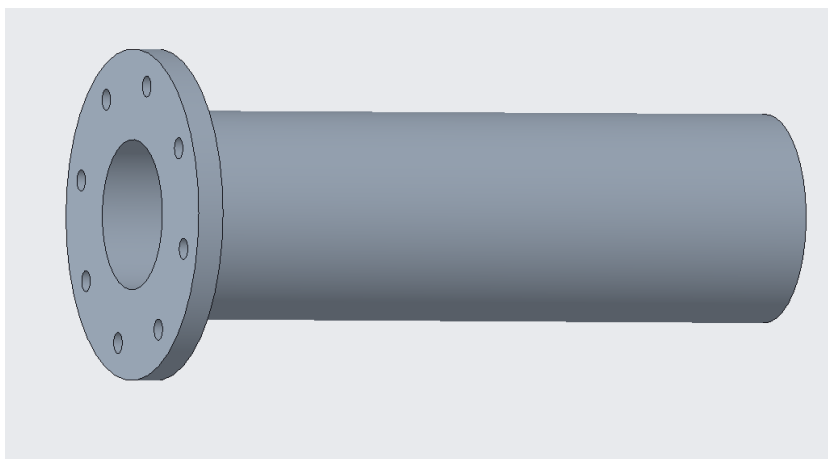
4.3.6 Priklop za črpalko



Slika 18 : CAD model priklop za črpalko

Na zgornji sliki je prikazan CAD model priklopa za črpalko, ki se na eni strani v sistem pritrdi s uporabo lepila za PVC, na drugi strani pa se pritrdi z vijačno zvezo.

4.3.7 Priklopna cev

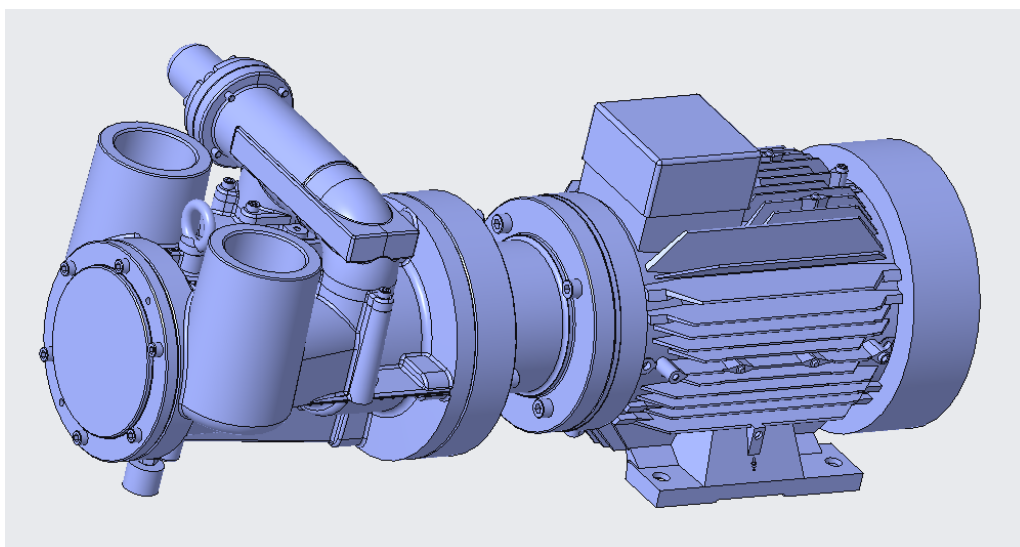


Slika 19 : CAD model priklopne cevi

Naloga priklopne cevi (slika 19) je, da lahko prej navedene elemente vključimo v sistem s pomočjo vijačne zveze.

4.4 STANDARDNI DELI

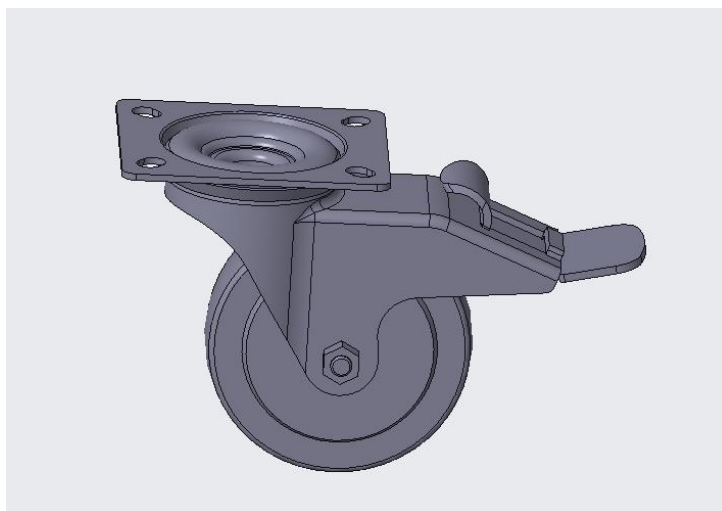
4.4.1 Motor-pump MPLN142



Slika 20 : CAD model Motor-pump MPLN142

CAD model Motor-pump MPLN142 (slika 20) je v mojem modelu nadomestila centrifugalno črpalko, do katere nisem dobil dostopa. Gre za motorno črpalko ,ki jo je naredilo podjetje Pollard Pumps.

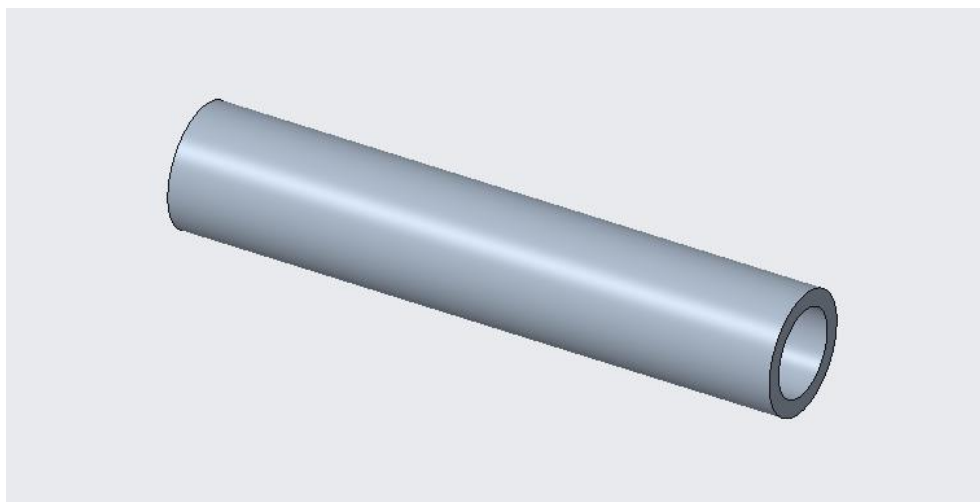
4.4.2 Koleček



Slika 21 : CAD model kolesček

Gre za univerzalen kolesček (slika 21) z ohišjem, ki ga je naredilo podjetje Bosch Rexroth Assembly Technologies. Uporaba tega CAD modela je za lažji transport.

4.4.3 PVC cevi



Slika 22 : CAD model PVC cevi

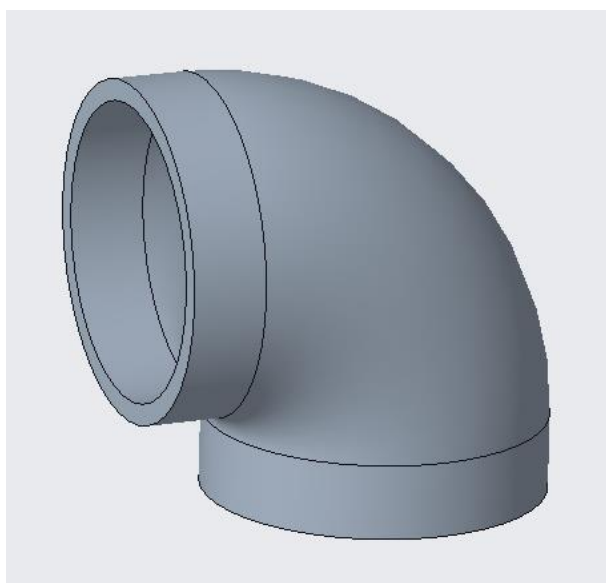
PVC cevi (slika 22) po standardu ASTM D1785 (slika 23) so uporabljene v sklopu s kotnimi cevmi ter so glavni sestavni del sistema, saj so priklopne cevi (slika 19) ter cevni kotniki (slika 24) zmodelirani po tem standardnem delu. Za pritrnitev v sistem sem uporabi lepilo za PVC.

PVC and CPVC Pipes - Schedule 40					
Nominal Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches) (mm)	Minimum Wall Thickness (inches) (mm)	Inside Diameter ¹⁾ (inches) (mm)	Weight (lb/ft) (kg/m)	
				PVC	CPVC
1/2	0.840 21.3	0.109 2.77	0.622 15.8	0.16	0.17
3/4	1.050 26.7	0.113 2.87	0.824 20.9	0.21	0.23
1	1.315 33.4	0.133 3.38	1.049 26.6	0.32	0.34
1 1/4	1.660 42.2	0.140 3.56	1.380 35.1	0.43	0.46
1 1/2	1.900 48.3	0.145 3.68	1.610 40.9	0.51	0.55
2	2.375 60.3	0.154 3.91	2.067 52.5	0.68	0.74
2 1/2	2.875 73	0.203 5.16	2.469 62.7	1.07	1.18
3	3.500 88.9	0.216 5.49	3.068 77.9	1.41	1.54
4	4.500 114	0.237 6.02	4.026 102	2.01	2.20
5	5.563 141	0.258 6.55	5.047 128	2.73	
6	6.625 168	0.280 7.11	6.065 154	3.53	3.86
8	8.625 219	0.322 8.18	7.981 203	5.39	5.81
10	10.750 273	0.365 9.27	10.020 255	7.55	8.24
12	12.750 324	0.406 10.3	11.938 303	10.01	10.89
14	14.000 356	0.437 11.1	13.124 333	11.80	
16	16.000 406	0.500 12.7	15.000 381	15.43	

Slika 23 : PVC cevi po standardu ASTM D1785

(Vir : https://www.engineeringtoolbox.com/pvc-cpvc-pipes-dimensions-d_795.html)

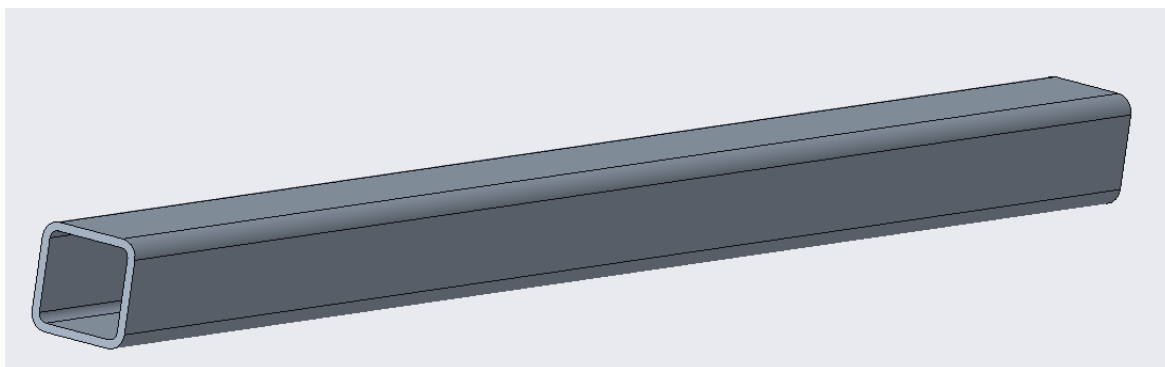
4.4.4 PVC cevni kotnik



Slika 24 : CAD model PVC cevni kotnik

S pomočjo cevnega kotnika (slika 24) lahko spreminjamo smer cevovoda, ki je kritičen pri izdelavi tega sistema. V sistem se pritrdi z lepilom za PVC cevi. V osnovi je notranji premer enak zunanjemu premeru PVC cevi.

4.4.5 Votli kvadratni profil



Slika 25 : CAD model votli kvadratni profil

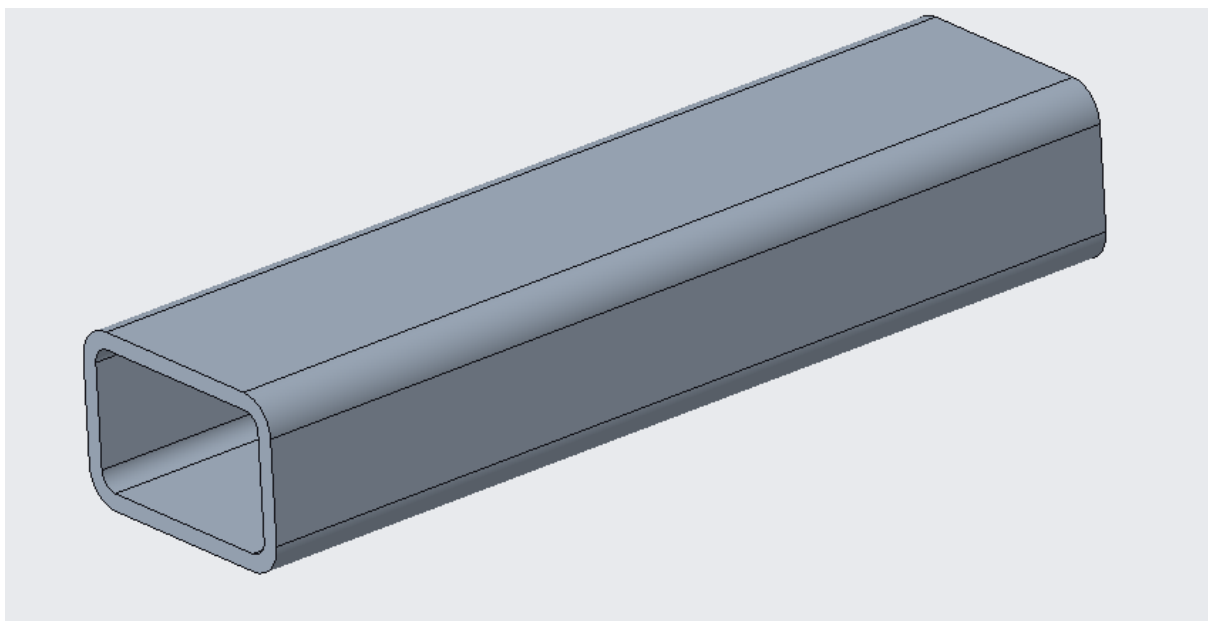
Zgoraj je slika jeklenega votlega kvadratnega profila po standardu UNI 7812 (slika 26), ki je bil uporabljen v konstrukciji ohišja.

Width (mm)	Wall thickness (mm)
50	1.6
50	2
50	2.6
50	3.2
50	4
50	5
60	1.6

Slika 26 : Votli kvadratni profili po standardu UNI 7812

(Vir : <https://www.traceparts.com/en>)

4.4.6 Votli pravokotni profil



Slika 27 : CAD model votli pravokotni profil

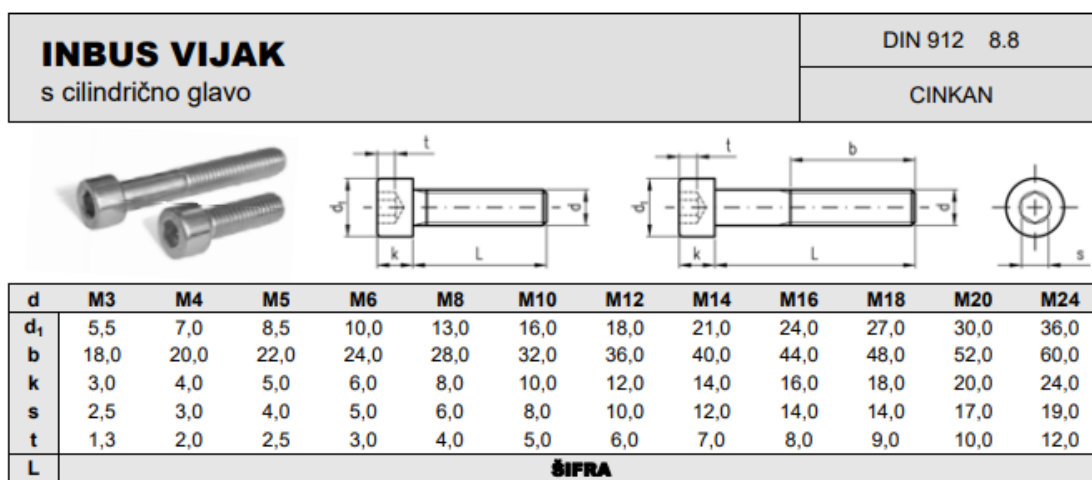
Na zgornji sliki je jekleni votli pravokotni profil po standardu UNI 7813 (slika 28), ki je bil uporabljen v konstrukciji ohišja.

Width (mm)	Height (mm)	Wall thickness (mm)
60	40	1.6
60	40	2
60	40	2.6
60	40	3.2
60	40	4
60	40	5
80	40	1.6
80	40	2

Slika 28 : Votli pravokotni profili po standardu UNI 7813

(Vir : <https://www.traceparts.com/en>)

4.4.7 Vijaki



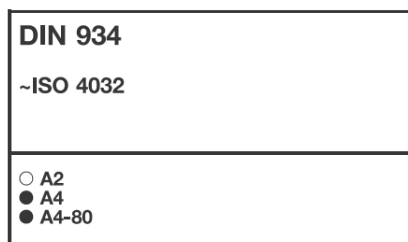
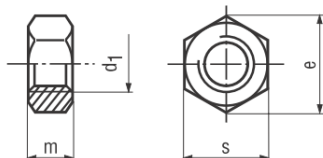
Slika 29 :Inbus vijak po standardu DIN 912

(Vir : https://www.ideal-velenje.si/pdf/cdr/str_el_2/61-Inbus_vijaki.pdf)

V konstrukciji sem uporabil M6, M8, M10 ter M12 inbus vijake po standardu DIN 912 (slika 29), ki so narejeni iz nerjavečeg jekla.

4.4.8 Matice

Hexagon nuts ~0,8d
 Tuercas hexagonales ~0,8d
 六角螺母 公称高度~0.8d



DIN 934: Standard withdrawn
 Estándar descatalogado

d₁	e min.	s	m max.	d₁	e min.	s	m max.	d₁	e min.	s	m max.
M1	2,71	2,5	0,8	M4	7,66	7	3,2	(M22)	35,03	32	18
M1,2	3,28	3	1	M5	8,79	8	4	M24	39,55	36	19
M1,4	3,28	3	1,2	M6	11,05	10	5	(M27)	45,2	41	22
M1,6	3,41	3,2	1,3	M8	14,38	13	6,5	M30	50,85	46	24
M2	4,32	4	1,6	M10	18,90	17	8	(M33)	55,37	50	26
(M2,3)	4,88	4,5	1,8	M12	21,10	19	10	M36	60,79	55	29
M2,5	5,45	5	2	(M14)	24,49	22	11	M39	66,44	60	31
(M2,6)	5,45	5	2	M16	26,75	24	13	M42	71,3	65	34
M3	6,01	5,5	2,4	(M18)	29,56	27	15				
(M3,5)	6,58	6	2,8	M20	32,95	30	16				

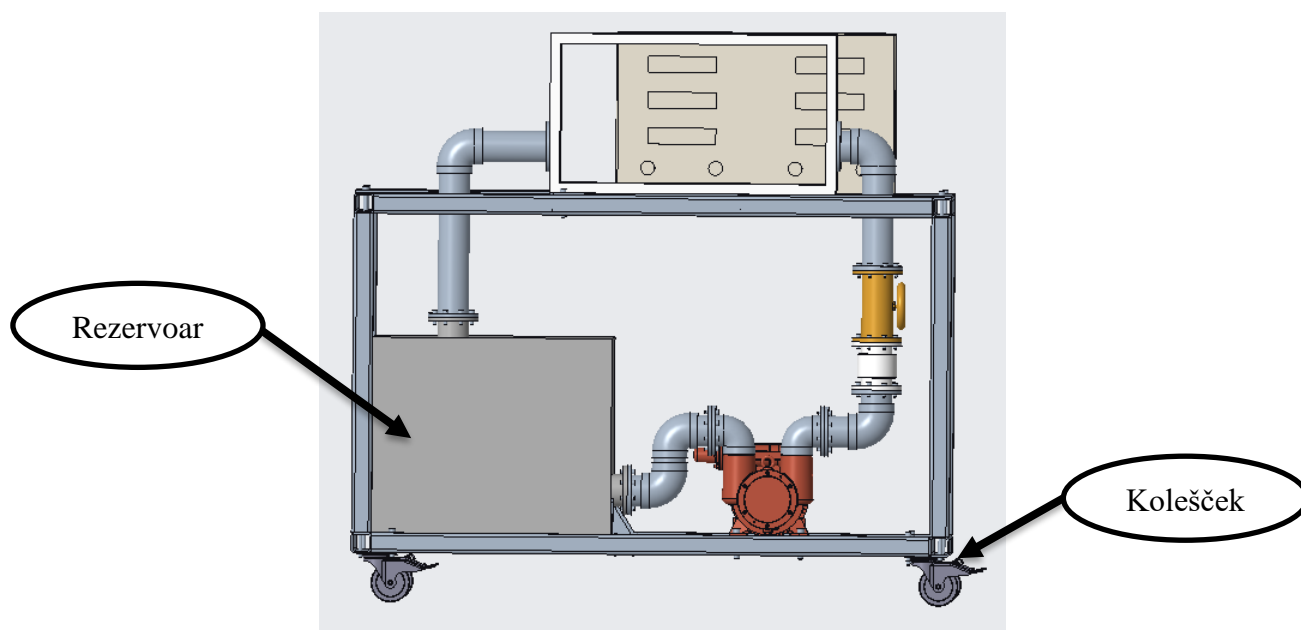
Slika 30 : matica po standardu DIN 934

(Vir : https://maticamb.si/uploads/maticamb2/public/document/17-din_934_nerjavece_jeklo_sl.pdf)

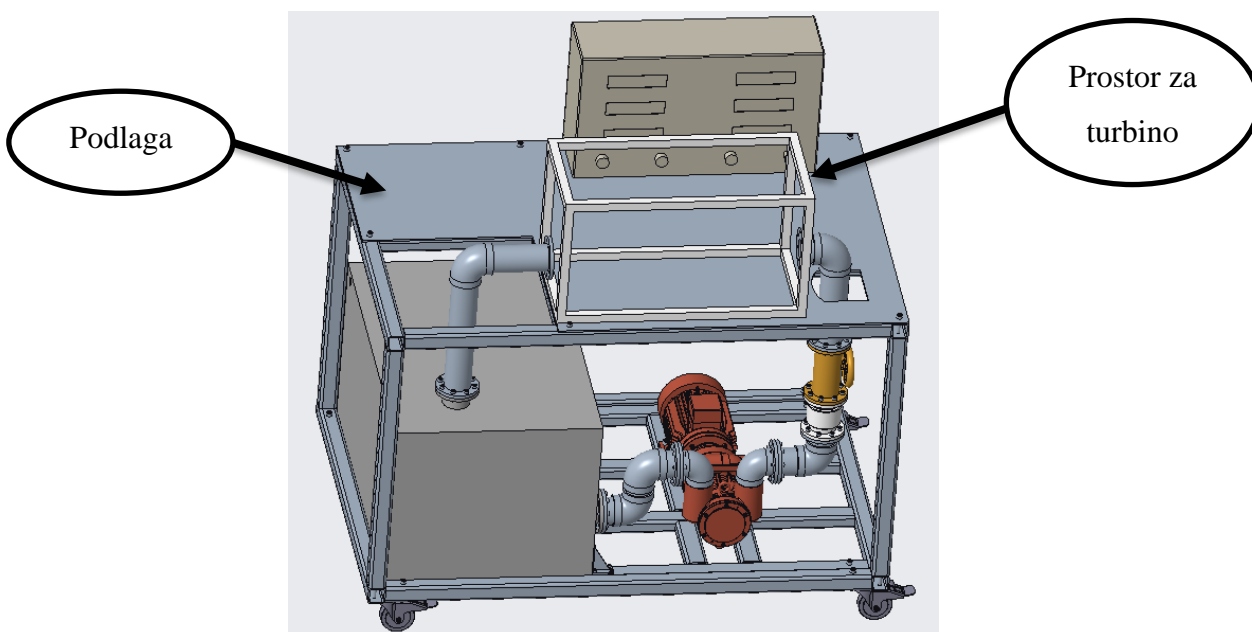
Tako kot prej sem v konstrukciji samega izdelka uporabil M6, M8, M10 in M12 matice po standardu DIN 934 (slika 30), ki so iz nerjavečega jekla.

4.5 KONČNI MODEL

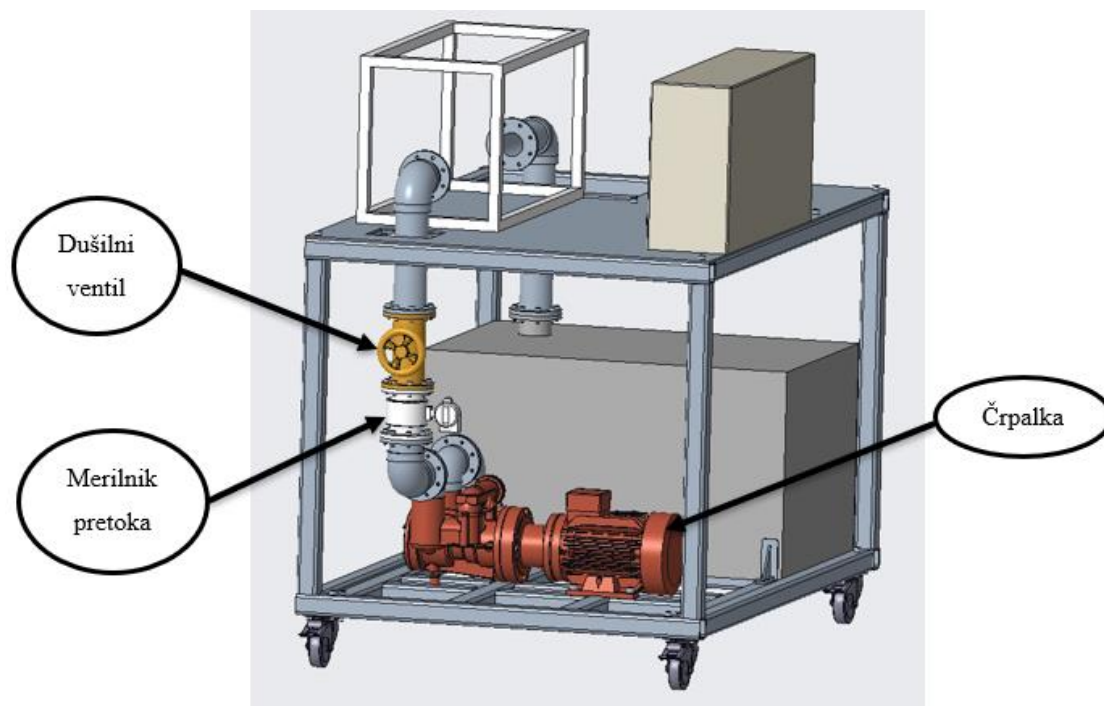
Na končanem modelu (slike 31-34) so z mehurčki ter barvami označene glavne komponente, ki so skupaj povezane s cevovodom. Deluje tako, da se iz rezervoara črpa voda s pomočjo črpalke, ki vodo črpa proti vodni turbini, ki je v tem trenutku nadomeščena z okvirjem. Na poti do turbine pa je vstavljen dušilni ventil, ki uravnava pretok ter merilnik pretoka, ki kot že samo ime pove, meri pretok v sistemu. Na koncu je cevovod speljan nazaj v rezervoar, kjer se ta cikelj ponovi.



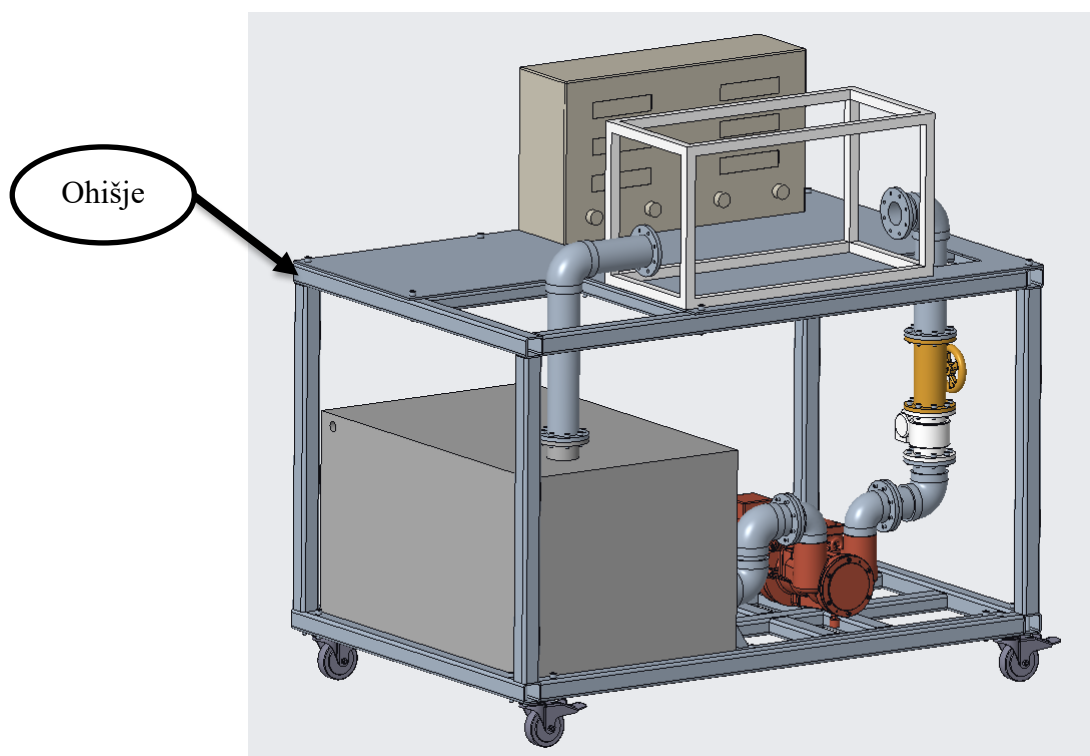
Slika 31 : Slike končnega CAD modela



Slika 32 : Slike končnega CAD modela



Slika 33 : Slike končnega CAD modela



Slika 34 : Slike končnega CAD modela

5 PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVALNE NALOGE

Zadane hipoteze :

- ❖ Pri konstruiranju bova pridobila CAD model turbin.
- ❖ Učni model bo omogočal lažje razumevanje delovanja hidroelektrarne.
- ❖ Učni model HE bo lahko menjal med tremi različnimi turbinami.
- ❖ Menjava turbin bo preprosta.
- ❖ Učni model HE bo enostaven za premikanje.

Najina prva hipoteza je takšna, da bova pri konstruiranju lahko pridobila CAD model turbin. Ta hipoteza je bila zaradi neodzivnosti podjetja že kar hitro zavržena, kar pomeni, da se lahko z nekaj interesa na tem področju raziskovalna naloga nadaljuje z novim imenom.

Pri pouku se največ naučiš takrat, ko se poslužuješ izkustvenega učenja in uporabe modelov. Najina druga hipoteza temelji na navedenem dejstvu, saj meniva, da bo učni model omogočil lažje razumevanje hidroelektrarn. Modela namreč omogočata, da z njihovo uporabo usvojimo znanje, ki je bolj dolgotrajno. Na modelu si namreč lahko ogledamo vse sestavne dele in delovanje same hidroelektrarne. Zaradi teh dejstev sva to hipotezo potrdila.

Najina tretja hipoteza je bila ta, da bi na učnem modelu bila možna zamenjava med tremi različnimi turbinami. Pri tej hipotezi sva ugotovila, da bi, zaradi same difference v tehničnih podatkih, to bilo dokaj neizvedljivo, saj bi lahko prišlo do porušitve sistema. Zaradi tega sva to hipotezo zavrgla.

Pri najinem modelu sva naredila zamenjavo turbin preprosto za učitelje. Na tem tudi temelji najina četrta hipoteza. To sva omogočila s tem, da se vodna turbina v sistem integrira samo z uporabo vijačnih zvez, ki so zelo enostavne za uporabo.

Peta, zadnja hipoteza, je bila namenjena lahkemu premikanju učnega modela HE zaradi velike teže dejanskega modela, kar sva zagotovila z implementacijo štirih trpežnih koles.

6 ZAKLJUČEK

Pri koncipiranju modela sva kar hitro ugotovila, da vse tri tipe vodnih turbin nisva mogla integrirati v en model, kar pomeni, da je potrebno narediti dva modela. Prvi model, ki zagotavlja večji pretok, nizki tlak ter ima možnost zamenjave med Francisovo in Kaplanovo turbino ter drugi model, ki je namenjen Peltonovi turbini ter potrebuje manjšo pretočnost, a je možen doseči visoke tlake.

Po končanem konceptu sva se lotila 3D modeliranja in dejanske konstrukcije, kjer sva ugotovila, da je optimiranje modela zelo težavno, saj je za optimizacijo potrebno čim več komponent po standardu, kar zniža ceno ter zmanjša čas izdelave.

Pri tej raziskovalni nalogi sva tako kot vsi tudi midva naletela na nekaj ovir, ki so bile povezane s konstruiranjem ter neodzivnostjo podjetja, kar nam je na koncu onemogočilo vstavo turbine v sistem.

Pri snovanju učnega modela HE sva se naučila, da je z zelo majhno količino podatkov zelo težavno koncipiranje, ter da je povezava s podjetji vitalna pri uspehu ter dejanski uresnitvi ideje ali koncepta v realnost.

7 VIRI IN LITERATURA

- [1] USGS [online]. 2021 . (citirano 29. 3. 2021). Dostopno na naslovu:
<https://www.usgs.gov/>
- [2] mladi-svet-energije [online]. 2021 . (citirano 29. 3. 2021). Dostopno na naslovu:
<http://www.mladi-svet-energije.si/category/zanimivosti/>
- [3] Esvet [online]. 2021 . (citirano 29. 3. 2021). Dostopno na naslovu:
<https://www.esvet.si/vodna-energija/kako-deluje-hidroelektrarna>
- [4] Pehan Stanislav. *Metodika konstruiranja*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005.
- [5] GUNT Hamburg [online]. 2021 . (citirano 29. 3. 2021). Dostopno na naslovu:
<https://www.gunt.de/en/>
- [6] FERLEŽ, A. Konstruiranje univerzalnega sistema za sušenje kovanih in drugih izdelkov, diplomsko delo. Maribor, 2013.