

ŠOLSKI CENTER VELENJE, ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA
TRG MLADOSTI 3, 3320 VELENJE
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

IZKORISTIMO MOČ VODE

Tematsko področje: APLIKATIVNI INOVACIJSKI PREDLOGI IN PROJEKTI

Avtorji:

Tim Turinek, 2. ET

Vid Triplat, 2. ET

Žan Rebernik, 2. ET

Mentorja:

Peter Vrčkovnik, dipl. inž. elektrotehnike

Sašo Gnilšek, prof.

Velenje, 2018

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje.

Mentorja: Peter Vrčkovnik, dipl. inž. elektrotehnike

Sašo Gnilšek, prof.

Datum predstavitve: marec 2018

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola 2017/2018

KG Moč vode / hidroelektrarna / elektrika

AV Triplat Vid / Turinek Tim / Žan Rebernik

SA Vrčkovnik Peter / Gnilšek Sašo

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola

LI 2018

IN IZKORISTIMO MOČ VODE

TD Raziskovalna naloga

OP VI, 75 strani, 72 slik, 4 enačb, 13 virov, 6 tabel, 6 grafov

IJ SL

JI sl / en

AI Že od nekdaj smo znali izkoriščati vodno energijo, a samo v večji meri. Nikoli nismo pomislili, da bi lahko vodno energijo uporabljali tudi za napajanje in polnjenje manjših porabnikov. Mi smo se zato odločili, da bomo raziskali tri vrste turbin (Francisova, Kaplanova in Peltonova) ter ugotovili katera izmed njih je najučinkovitejša in najcenejša za napajanje manjših porabnikov. Začeli smo z načrtovanjem in modeliranjem ter ugotovili, da se da vsaka izmed teh turbin 3D natisniti in to smo tudi storili. Vsak si je nato izbral eno izmed turbin ter skušal z njo zavrteti dinamo in s tem napolniti kakšno manjšo napravo npr. telefon. To smo skušali narediti po najnižji ceni a hitro smo ugotovili, da so nekatere turbine bolj kompleksne od drugih in zato zahtevajo tudi več sredstev za izdelavo a vseeno smo izdelali svoje turbine. Na žalost smo bili malce razočarani nad rezultati. Turbine se niso dovolj vrtele, da bi poganjale dinamo in napajale manjši porabnik. Odločili smo se da bomo naredili velike popravke. Povečali smo turbine in predvsem njihove lopatice saj smo ugotovili, da so bile turbine premajhne, da bi proizvajali toliko energije. Tokrat so se turbine bolje vrtele in uspelo nam je tudi, da je turbina sama vrtela dinamo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola 2017/2018

CX Moč vode / hidroelektrarna / elektrika

AU Triplat Vid / Turinek Tim / Žan Rebernik

AA Vrčkovnik Peter / Gnilšek Sašo

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola

PY 2018

TI **IZKORISTIMO MOČ VODE**

DT Raziskovalna naloga

NO VL, 75 pages, 72 photographs, 4 equations, 13 sources, 6 tables, 6 graphs

LA SL

AL sl / en

AB Through out the history, we always knew how to take advantage of water but we only used it in a bigger scale. We never thought of using water energy to power and charge small appliances. That's why we decided to research three different types of turbines (Francis, Kaplans and Peltons) and figure out which of the turbines is the cheapest and the most effective at powering small appliances. We started this project by modeling and planning, but we soon found out that we can 3D print the turbines and so we did. Each one of us picked one of the turbines and tried to charge a phone with it. We tried to use as little money and equipment as possible. We quickly realized some turbines are more complex and therefore require more money and resources to make, but we still made the turbines and the price of the materials didn't exceed 20 euros. Unfortunately we were quite disappointed by the results. The turbines didn't work as intended. They weren't powerful enough to spin the dynamo and therefore didn't produce enough power to charge any device. We decided to make some big changes. We made the turbines bigger because we found out that they were too small to power the dynamo. We made the blades bigger and thicker. This time the turbines spun very well and the turbine could spin the dynamo on its own.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	HIPOTEZE	2
3	POVZETEK	3
4	SUMMARY	4
5	KAJ JE VODNA ENERGIJA	5
6	TIPI TURBIN	6
6.1	KAPLANOVA TURBINA	6
6.1.1	SESTAVA	7
6.1.2	DELOVANJE	9
6.1.3	ZAKON O OHRANITVI MEHANSKE ENERGIJE	9
6.2	PELTONOVA TURBINA	11
6.2.1	SESTAVA	12
6.2.2	DELOVANJE	14
6.3	FRANCISOVA TURBINA	15
6.3.1	SESTAVA	16
6.3.2	DELOVANJE	18
7	GENERATORJI	19
7.1	KOLEKTORSKI STROJ	19
7.1.1	ZGODOVINA	19
7.1.2	GENERATOR ENOSMERNE NAPETOSTI	21
7.1.3	SESTAVA GENERATORJA	21
7.2	DINAMO MOTOR	22
7.2.1	DELOVANJE DINAMA	23
7.3	ENOSMERNI DINAMO Axa Dynamo 8201 Right Alu / Steel Wheel	24
8	IZDELOVANJE TURBIN V PROGRAMU BLENDER	25
8.1	BLENDER	25
8.2	KAJ JE 3D-TISKANJE	26
8.2.1	PELTONOVA TURBINA	27
8.2.2	FRANCISOVA TURBINA	29
8.2.3	KAPLANOVA TURBINA	30
8.2.4	TEŽAVE V PROGRAMU BLENDER	32
9	IZDELAVA TURBIN	33
9.1	MONTAŽA PELTONOVE TURBINE	33
9.2	MONTAŽA KAPLANOVE TURBINE	35

9.2.1	KAJ JE PRAVILNO VRTANJE IN KAKO NAREDITI NAVOJ	36
9.3	MONTAŽA FRANCISOVE TURBINE.....	37
10	MERITVE	38
10.1	Opis meritev	38
10.2	Meritve na vrtalnem stroju	38
10.3	Meritve na generatorju	41
10.4	Meritve pretoka	43
10.5	Meritve Peltone turbine	45
10.6	Meritve Francisove turbine.....	47
10.7	Meritve Kaplanove turbine.....	49
11	OPRAVLJANJE MERITEV NA REKI PAKI TER MOŽNE IZBOLJŠAVE	51
11.1	Meritve in možne izboljšave Peltonove turbine	52
11.2	Meritve in možne izboljšave Francisove turbine.....	53
11.3	Meritve in možne izboljšave Kaplanove turbine.....	54
12	DISKUSIJA.....	55
13	ZAKLJUČEK.....	56
14	ZAHVALA.....	57
15	VIRI.....	58
16	PRILOGA.....	59
16.1	POSTOPEK IZDELAVE PELTONOVE TURBINE	59
16.2	POSTOPEK IZDELAVE KAPLANOVE TURBINE	67
16.3	POSTOPEK IZDELAVE FRANCISOVE TURBINE.....	71

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Slap Háifoss, Islandija (Vir: https://www.flickr.com/photos/jkboy/28462335456)</i>	1
<i>Slika 2: Prikaz Peltonove turbine</i>	2
<i>Slika 3: Hidroelektrarna Fala</i>	5
<i>Slika 4: Kaplanova turbina</i>	6
<i>Slika 5: Skica Kaplanove turbine</i>	8
<i>Slika 6: Prikaz zakona o ohranitvi mehanske energije</i>	9
<i>Slika 7: Kaplanova turbina</i>	10
<i>Slika 8: Peltonova turbina</i>	11
<i>Slika 9: Prerez Peltonove turbine</i>	13
<i>Slika 10: Prikaz Peltonove turbine</i>	14
<i>Slika 11: Francisova turbina</i>	15
<i>Slika 12: Skica Francisove turbine</i>	17
<i>Slika 13: Francisova turbina</i>	18
<i>Slika 14: Star jermenski dinamo</i>	19
<i>Slika 15: Pravilo desne roke</i>	20
<i>Slika 16: Sestava enosmernega motorja</i>	22
<i>Slika 17: Dinamo 1</i>	23
<i>Slika 18: Dinamo</i>	24
<i>Slika 19: Slika Blender</i>	25
<i>Slika 20: 3D-tiskanje</i>	26
<i>Slika 21: Peltonova turbina v programu Blender</i>	27
<i>Slika 22: Tehniška risba Peltonove turbine</i>	28
<i>Slika 23: 3D model Peltonove turbine</i>	28
<i>Slika 24: Francisova turbina končni izdelek</i>	29
<i>Slika 25: Francisova turbina v programu Blender</i>	29
<i>Slika 26: Kaplanova turbina v Blenderju</i>	30
<i>Slika 27: 3D-model Kaplanove turbine</i>	31
<i>Slika 28: Tehnična risba Kaplanove turbine</i>	31
<i>Slika 29: Ponesrečena turbina 1</i>	32
<i>Slika 30: Ponesrečena turbina 2</i>	32
<i>Slika 31: Peltonova turbina – končni izdelek</i>	34
<i>Slika 32: Končni izdelek – Kaplanova turbina</i>	35
<i>Slika 33: Smer vrtnja</i>	36
<i>Slika 34: Francisova turbina – izgled</i>	37
<i>Slika 35: Makita akumulatorski vrtalnik DF457DWE</i>	38
<i>Slika 36: Laserski stroboskop</i>	39
<i>Slika 37: Opravljanje meritev na Dinamu</i>	41
<i>Slika 38: Meritve pretoka</i>	43
<i>Slika 39: Opravljanje meritev na Peltonovi turbini</i>	45
<i>Slika 40: Opravljanje meritev na Francisovi turbini</i>	47
<i>Slika 41: Opravljanje meritev na Kaplanovi turbini</i>	49
<i>Slika 42: Reka Paka</i>	51
<i>Slika 43: Opravljanje meritev na reki Paki, Peltonova turbina</i>	52
<i>Slika 44: Opravljanje meritev na reki Paki, Francisova turbina</i>	53
<i>Slika 45: Končni izdelek – Kaplanova turbina</i>	54
<i>Slika 46: Potrebne stvari za Peltonovo turbino</i>	60
<i>Slika 47: Vrtanje lukenj za ležaj</i>	60
<i>Slika 48: Vstavitev ležajev</i>	61
<i>Slika 49: Vstavitev turbine v cev</i>	61
<i>Slika 50: Privijačenje vijakov</i>	62

<i>Slika 51: Zobnik Peltonove turbine</i>	62
<i>Slika 52: Montaža nosilca z dinamom</i>	63
<i>Slika 53: Priključne sponke za Peltonovo turbino</i>	63
<i>Slika 54: Priključne sponke na dinam Peltonove turbine</i>	64
<i>Slika 55: Požirka</i>	64
<i>Slika 56: Stopljena požirka</i>	65
<i>Slika 57: Reducirni ventil</i>	65
<i>Slika 58: Končni izdelek Peltonova turbina</i>	66
<i>Slika 59: Končni izdelek</i>	67
<i>Slika 60: Pritrjen nosilec z vijaki</i>	68
<i>Slika 61: izdelan nosilec na generator</i>	68
<i>Slika 62: Izvrtana luknja v osi turbine</i>	69
<i>Slika 63: Priprava na spajkanje vodnikov na generator</i>	69
<i>Slika 64: Prispajkani vodniki na generator</i>	70
<i>Slika 65: Sestavni deli Francisove turbine</i>	72
<i>Slika 66: Nosilec Francisove turbine</i>	72
<i>Slika 67: Vzvod Francisove turbine</i>	73
<i>Slika 68: Francisova turbina z vzvodom</i>	73
<i>Slika 69: Francisova turbina z matico</i>	74
<i>Slika 70: Vstavitev Francisove turbine</i>	74
<i>Slika 71: Francisova turbina od spodaj</i>	75
<i>Slika 72: Končni izdelek Francisove turbine</i>	75

KAZALO ENAČB

<i>Enačba 1</i>	7
<i>Enačba 2</i>	9
<i>Enačba 3</i>	12
<i>Enačba 4</i>	51

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Prikazovanje hitrosti vrtenja na vrtnem stroju</i>	39
<i>Tabela 2: Napetost na Dinamu pod določeno hitrostjo na vrtniku</i>	41
<i>Tabela 3: Hitrost pretoka iz vrtnice</i>	44
<i>Tabela 4: Napetost na Peltonovi turbini</i>	45
<i>Tabela 5: Napetost na Francisovi turbini</i>	47
<i>Tabela 6: Napetost na Kaplanovi turbini</i>	49

KAZALO GRAFOV

<i>Graf 1: Hitrost vrtenja na vrtniku</i>	40
<i>Graf 2: Napetost na dinam pod določeno hitrostjo na vrtniku</i>	42
<i>Graf 3: Napetost na Peltonovi turbini</i>	46
<i>Graf 4: Napetost na Francisovi turbini</i>	48
<i>Graf 5: Napetost na Kaplanovi turbini</i>	50
<i>Graf 6: Primerjava napetosti na vseh turbinah</i>	55

1 UVOD

Voda je najpomembnejši in najboljšežnejši obnovljivi vir energije, zato so hidroelektrarne eden izmed najučinkovitejših okolju prijaznih virov energije. To nas je navdihnilo, da smo si izbrali raziskovalno nalogo ravno s tega področja. S sošolci smo se že dalj časa pogovarjali, da bi naredili raziskovalno nalogo. Odločili smo se, da bomo raziskali vse tri tipe turbin in tudi posledično naredili mini prenosne turbine oziroma mini hidroelektrarno. S tem bomo pomagali okolju in ljudem. Ljudje bodo lahko uporabljali in prenašali vir energije s sabo in tako bo svet tudi bolj vitalen, ekološki in čistejši. Ljudje ne bodo več odvisni od stacionarnih virov, ki so težko dosegljivi v naravnem okolju. S tem želimo spodbuditi rabo čistejših in bolj ekoloških virov energije. Ta izdelek bomo naredili in ga testirali. Priključili ga bomo na generator. Za to moramo tudi poznati tipe generatorjev, ki jih bomo posledično raziskali. Ko bomo naredili tipe turbin, bomo tudi poizvedeli za tržno ceno.



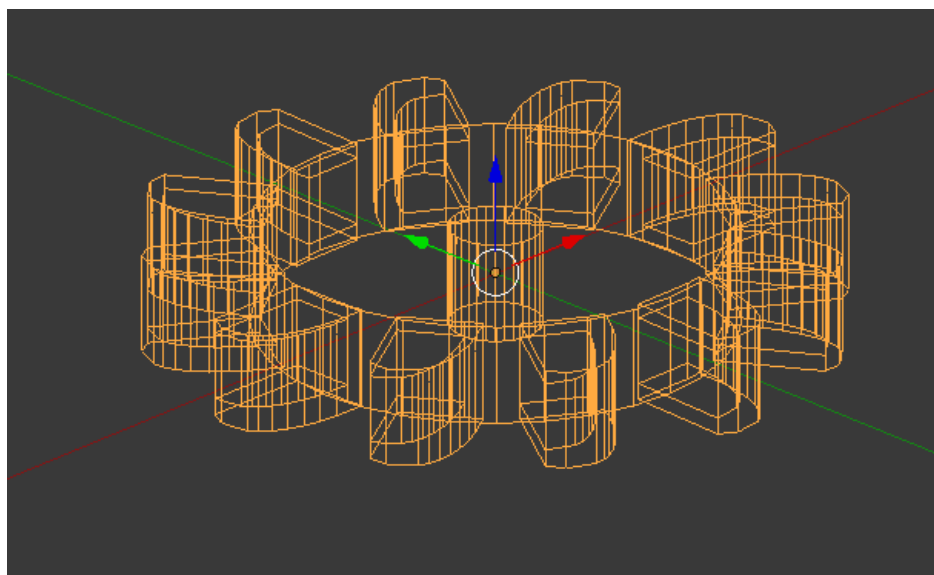
Slika 1: Slap Háifoss, Islandija

(Vir: <https://www.flickr.com/photos/jkboy/28462335456>)

2 HIPOTEZE

Pred začetkom raziskovalne naloge smo si postavili 5 hipotez:

1. Turbine je možno modelirati in 3D natisniti.
2. Lahko naredimo vse tri turbine, da bodo prilagojene za polnjenje manjših porabnikov.
3. Cena za posamezni projekt ne bo presegala 20 EUR.
4. Projekti/modeli bodo priročni in prenosljivi.
5. Najbolje se bo vrtela Peltonova turbina.



Slika 2:Prikaz Peltonove turbine

(Vir: lasten)

3 POVZETEK

V današnjem času je zelo pomembno izkoriščanje zelene energije. Zanimala nas je predvsem vodna energija, kajti to je zelena energija, s katero ne posegamo v okolje in prav zaradi tega smo izbrali nalogo s to tematiko. Ker nas skrbi za svet in smo želeli ostati zeleni, smo se odločili izdelati turbine, s katerimi bomo polnili mobilne telefone in podobno sodobno tehniko. V raziskovalni nalogi smo raziskali razvoj, delovanje in praktično uporabo vodnih turbin. Za razumevanje vodnih turbin smo se najprej poglobili in raziskali vodno energijo, njene dobre in slabe lastnosti ter kako jo pridobimo in izkoristimo. Raziskovanje je potekalo na več nivojih. Najprej smo s pomočjo literature v obliki različnih knjig in spletnih virov, katerih vsebine so na različnih znanstvenih nivojih, poglobili znanje o delovanju turbin. Ob razumevanju vodne energije smo lahko začeli s poizvedovanjem o praktični izvedbi turbin. Ugotovili smo njihove dobre in slabe lastnosti ter kako delujejo (kako voda zavrti turbino, kako hitro se vrti, kakšna je potrebna vodna moč ...). Njihove dobre lastnosti smo želeli maksimirati, slabe pa minimalizirati. Sledila je praktična izvedba posamezne turbine. Odločili smo se za izdelavo kaplanove, Francisove in Peltonove turbine. Ob razumevanju delovanja vsake posamezne smo narisali načrt oz. skico, s katero smo si pomagali pri modeliranju. Turbine smo nato 3D zmodelirali, preverili in natisnili. Turbine smo povezali z generatorjem in preizkusili njihovo delovanje. Za določitev lastnosti vsake posamezne turbine smo opravili meritve. Naš cilj je raziskati in zgraditi preprosto mobilno hidroelektrarno, ki bi nam zagotavljala priključno moč za majhne porabnike (hladilna skrinja, led razsvetljava, polnjenje telefona ...). Ciljni uporabniki našega izdelka bi bili popotniki, ki bi ob kampiranju in pohodništvu naš izdelek preprosto postavili v vodni vir in s tem pridobivali potrebno energijo.

4 SUMMARY

In today's world green energy is very important. We were greatly interested in water energy in this research paper, because it is the cheapest green energy to take advantage off. Because we want to help keep our nature clean we decided to do this project. We wanted to make and compare different types of turbines and find the most efficient and cheap type of turbine. In this research paper we researched how the turbines work, their development through history and their practical use. For a better understanding of these turbines we researched water energy first. We focused on the pros and cons of water energy and how to enhance them or minimize them. Our research material varied from internet literature to books written by experts in this topic. When we fully understood how water energy works we started planning our turbines. For each turbine we wanted to enhance their pros and minimize their cons. We decided the best turbines to make were the Francis turbine, the Kaplan turbine and the Pelton turbine. Each one of us picked one of the turbines and studied it until we could draw a blueprint for the turbine. This blueprint greatly helped us with the modeling. Then we 3D modeled and printed each of the turbines. We connected them to a generator and tested them. Because we wanted to clearly distinguish between the turbines we did some measurements. Our starting goal was to make a portable hidro powerplant capable of charging small devices, that hikers and campers could use and we semi reached our goal.

5 KAJ JE VODNA ENERGIJA

Voda je čisti obnovljivi vir energije, ker je voda, ki teče skozi vodno elektrarno, del vodnega cikla, ki ga poganja sonce. Čista je v tem pomenu, da njena pretvorba v električno energijo ne onesnažuje narave in s tega vidika skrbimo za okolje. Če hočemo reči, da je voda obnovljiv vir energije, mora biti tudi elektrarna skrbno načrtovana. Za vodno energijo je značilno, da je zanesljiva, preizkušena, zrela tehnologija s samimi plusi v sistemu.

Hidroelektrarne imajo življenjsko dobo tudi do 100 let. Prav tako je vodni način pridobivanja energije najbolj učinkovit glede na elektrarne, ki se ukvarjajo z neobnovljivimi in obnovljivimi vrstami energije. Za pridobivanje hidroenergije porabimo malo denarja in sam nadzor je precej enostaven. Hidroelektrarne tudi ne izpuščajo strupenih plinov za okolje.



Slika 3: Hidroelektrarna Fala

(Vir: <http://www.dem.si/sl-si/Elektrarne-in-proizvodnja/Elektrarne/HE-Fala>)

6 TIPI TURBIN

V tem poglavju bomo predstavili tri turbine. Navedli bomo njihovo sestavo, kako delujejo in še druge splošne podatke o njih.

6.1 KAPLANOVA TURBINA

Kaplanovo turbino je leta 1913 izumil avstrijski profesor Viktor Kaplan. Je nadgradnja Francisove turbine in se nahaja pod vodo ter je v obliki ladijskega vijaka. Imenujemo jo tudi propellerska turbina. Statorski del je enak kot pri Francisovi turbini. Zanj je značilno, da lopatice gonilnika nastavljamo z vrtenjem lopatic okoli lastne osi. V zadnjem času so vedno bolj pogoste Kaplanove turbine s horizontalnim tokom vode na lopatice. Tak primer toka vode je v vodnih elektrarnah na spodnji Savi.



Slika 4:Kaplanova turbina

(Vir: http://kraji.eu/slovenija/hidroelektrarna_fala/photos/slo)

6.1.1 SESTAVA

Za to turbino je značilna uporaba fiksnih ali gibljivih rotorskih lopatic. Tekoč ima obliko ladijskega vijaka z 2–7 lopaticami. Z gibljivimi lopaticami lahko dosežemo največji izkoristek. Rotor se nahaja pod vodo. Vtok vode na lopatice turbine je lahko horizontalen ali vertikalni. Za to turbino je značilno, da se uporablja za padce do 70 m (metrov) in obratuje v območju velikih količin vode nad 160 vrt./min. (vrtljaji na minuto), hitrosti pa so od 125 do 600 min⁻¹ (krožna frekvenca).

Krožna frekvenca ali krožna hitrost je število radianov v časovni enoti (Zdravko Žalar, 2007). Kjer je ω enaka krožni frekvenci, f enako frekvenci in T enako periodi.

Enačba 1

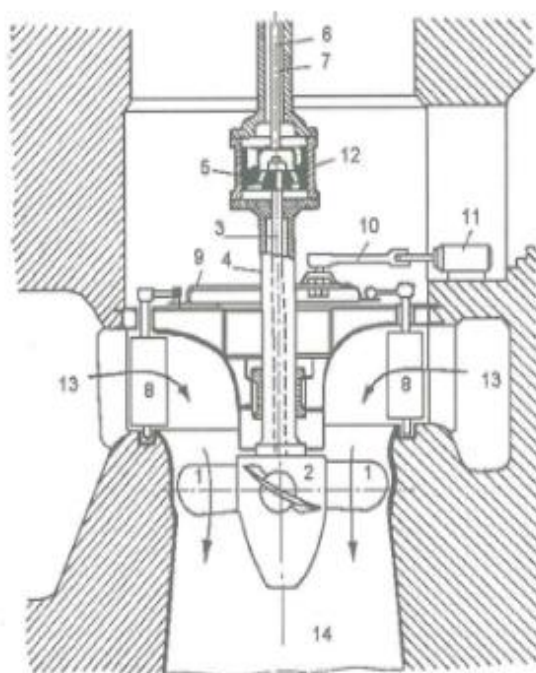
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}, \text{ kjer je}$$

ω = krožna frekvenca

π = pi (3.1415926)

f = frekvenca

T = perioda



Slika 5:Skica Kaplanove turbine

(Vir: Elektroenergetski sistemi, Alojz Razplet)

1. Rotorske lopatice
2. Glava rotorja
3. Vzvod za regulacijo
4. Votla gred
5. Bat servomotorja
6. Dovod olja
7. Koncentrična cev
8. Vodilne lopatice
9. Regulacijski prstan
10. Vzvod za regulacijo
11. Servomotor
12. Servomotor za rotorske lopatice
13. Dovodna spirala
14. Sesalna cev

6.1.2 DELOVANJE

Ko voda priteče skozi dovodno cev in pade na lopatice turbine, požene os, na katero je vezan generator, ki spremeni potencialno hitrost v kinetično energijo v vodniku. Ko zadane lopatice na vodniku, požene generator in proizvodnja električne energije se začne.

6.1.3 ZAKON O OHRANITVI MEHANSKE ENERGIJE

Če na telo deluje le njegova teža in ni drugih zunanjih sil, ki bi opravljale delo, se vsota kinetične in potencialne energije telesa ohranja (Gnilšek).

Enačba 2

$$A = \Delta W_k + \Delta W_p$$

$A = 0$, delo zunanjih sil razen teže je enako 0

$$0 = \Delta W_k + \Delta W_p$$

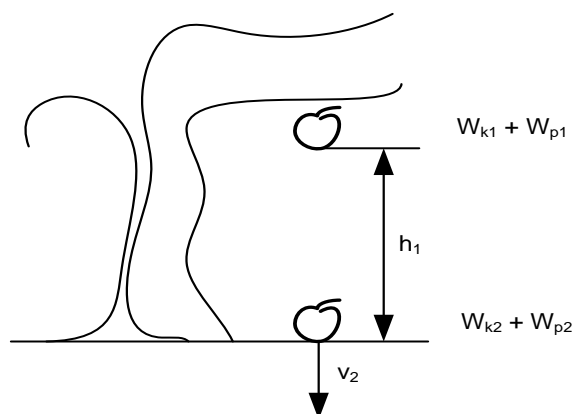
$$0 = W_{k2} - W_{k1} + W_{p2} - W_{p1}$$

$$W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2}, \text{ kjer je}$$

A = opravljeno delo

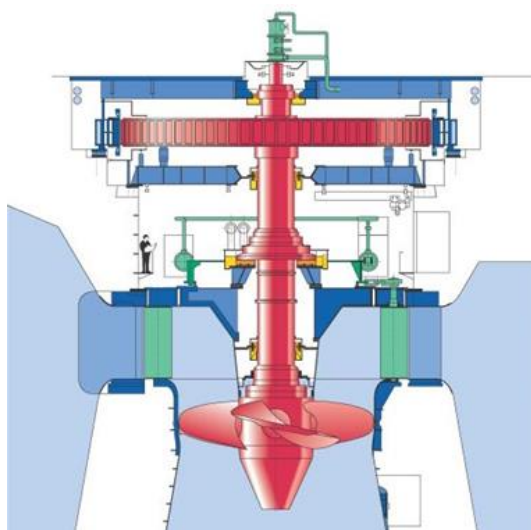
W_k = kinetična energija

W_p = potencialna energija



Slika 6: Prikaz zakona o ohranitvi mehanske energije

(Vir: lasten)



Slika 7: Kaplanova turbina

(Vir:<http://durofy.com/hydraulic-turbines-hydroelectric-power-generation-working>)

6.2 PELTONOVA TURBINA

Peltonova turbina spada v skupino enakotlačnih turbin. Najdemo jo na mestih majhnih pretočnih količin in deluje pri majhnih vrtilnih hitrostih. Rotorske lopatice imajo obliko enojne ali dvojne zajemalke. Curek vode brizga na lopatice iz ene ali več šob. Turbina je lahko horizontalna ali vertikalna. Peltonova turbina ima pred drugimi turbinami veliko prednost, ker je vtok curka na lopatice (zajemalke, korec) pravilen v vseh legah in brez udarca. Lopatice se izdelujejo pri najmanjših turbinah iz sive litine ali brona, pri večjih pa iz jeklene litine.



Slika 8: Peltonova turbina

(Vir: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Pelton_turbine-1.jpg)

6.2.1 SESTAVA

Peltonova turbina je primerna za majhne pretoke in velike padce od 40 do 2000 m. Vrtilne hitrosti so od 10 do 40 min⁻¹. Izkoristek turbin je med 85–90 % (procenti). Za te turbine je značilno, da dosežejo optimalen izkoristek že pri 25 %. Ta tip turbine doseže moči do 250 MW (Mega=10⁶, Watt). Če hočemo razumeti pojem Watt, moramo tudi poznati pojem moč.

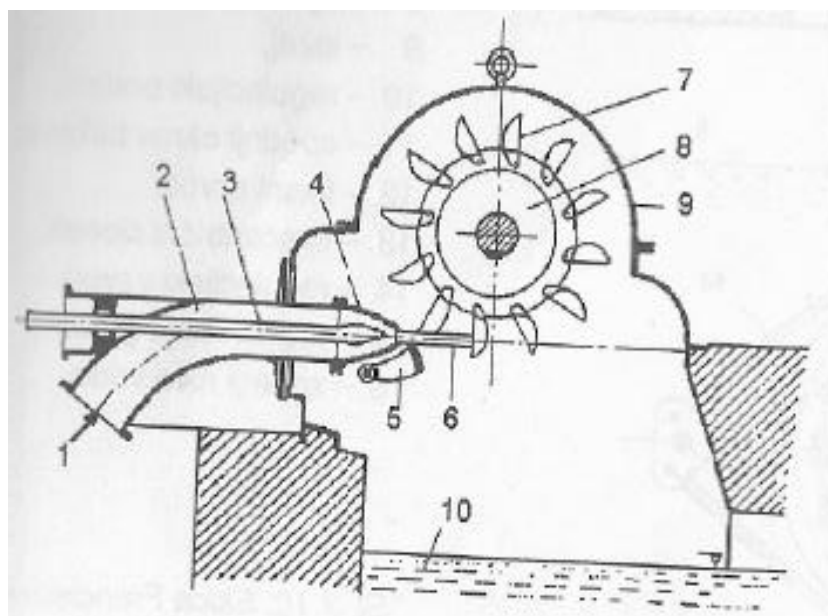
Moč (simbol P) je definirana kot produkt napetosti in toka. Pri enosmernih signalih pa sta tok in napetost časovno konstantna, zato pišemo moč v obliki:

Enačba 3

$$P = U * I [W]$$

(Križaj, 2009)

Kjer je U enak napetosti in I toku. Osnovna enota moči je enaka W. Zelo pomemben del v turbini je igla. Ob hitrem zapiranju šobe se lahko poveča pritisk v tlačnem cevovodu, ker pa tega ne želimo, se pred iglo nahaja odklonilo, ki odkloni curek za toliko časa, da se igla počasi zapre.



Slika 9:Prerez Peltonove turbine

(Vir: Elektroenergetski sistemi, Alojz Razplet)

1. Dovod vode
2. Dovodna cev
3. Zapiralna igla
4. Šoba
5. Usmerjevalec curka
6. Curek
7. Rotorske lopatice
8. Rotor
9. Pokrov
10. Spodnji nivo vode

6.2.2 DELOVANJE

Voda brizga iz šobe z veliko hitrostjo. Curek vode je usmerjen na lopatice gonilnika. Voda udarja ob lopatice in oddaja gonilniku svojo kinetično energijo. Vodni curek brizga samo na nekaj lopatic, zato je gonilnik samo delno oblit z vodo. Druge lopatice gonilnika ne sprejemajo vodne energije. Pretok vode in s tem moč Peltonove turbine se uravnava s premikanjem igle v šobi.



Slika 10: Prikaz Peltonove turbine

(Vir: <http://vyuka.jihlavsko.cz/elektrina-vyroba/index.htm>)

6.3 FRANCISOVA TURBINA

Je zelo pogosto uporabljena turbina. Francisova vodna turbina je najpogosteje uporabljena vodna turbina, ker je najbolj primerna za srednje pretoke, na katerih je postavljena večina virov vodne energije. Za manjše padce so značilne odprte turbine, v jašku, pri večjih pa je zaprta v spiralni okov. Turbina je nadtlačna. Vanjo priteka voda radialno skozi vodilnik. Nameščene so lahko horizontalno ali vertikalno. Vodilne lopatice so pritrjene na vodilni obroč. Voda priteka na celotnem obodu gonilnika. Vodilne lopatice se vrtijo (premikajo) okoli čepa lopatice, ki je kar sestavni del lopatice same. S tem zapiramo pretok vode na gonilnik turbine in zmanjšujemo pretok. Vodilne lopatice so povezane v vodilni obroč, ki omogoča, da zavrtimo vse lopatice naenkrat za enak kot. Vodilne lopatice vrtimo hidravlično ali s servo motorjem. Vodilne lopatice omogočajo tudi, da se dotok vode na gonilnik Hidroenergetski sistemi, turbine prekine. Francisove turbine imajo večjo hitrost kot Peltonove, zato so posledično tudi manjše in imajo lažje generatorje.



Slika 11:Francisova turbina

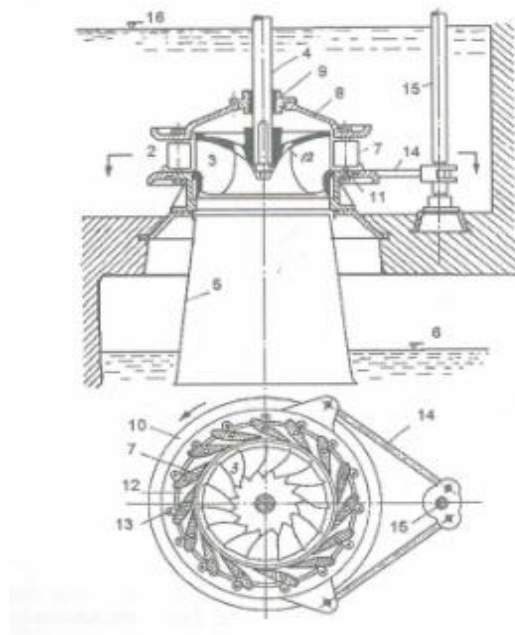
(Vir: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francis_Turbine_Low_flow.jpg)

6.3.1 SESTAVA

To turbino uporabljamo za srednje padce od 5 do 200 m in velike padce od 40 do 500 m. Te turbine lahko ločimo glede na hitrost vrtenja.

- *POČASNE*
Imajo hitrosti od 50 do 150 min⁻¹ in padce do 500 m in več.
- *NORMALNE*
Imajo hitrosti od 150 do 250 min⁻¹ in padce do 100 m.
- *HITRE*
Imajo hitrosti od 250 do 500 min⁻¹ in padce do 50 m.

Najboljši izkoristek dosežejo med 60 in 80 %. Na splošno delujejo na območju od 40 do 240 min⁻¹. So zelo prilagodljive spremembam pretoka.



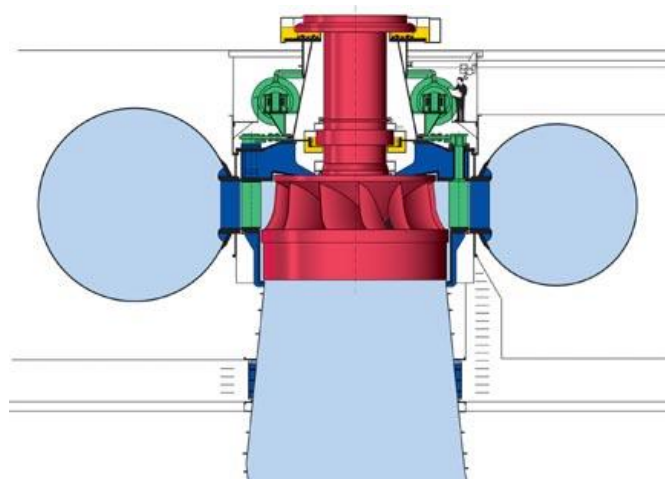
Slika 12: Skica Francisove turbine

(Vir: Elektroenergetski sistemi, Alojz Razplet)

1. Vodna komora
2. Sistem vodnih lopatic
3. Rotorske lopatice
4. Turbinska gred
5. Sesalna cev
6. Spodnji nivo vode
7. Vodilna lopatica
8. Zgornji pokrov
9. Ležaj
10. Regulacijski prstan
11. Spodnji okrov turbine
12. Fiksni obroč
13. Ekscentrični členek
14. Regulacijski vzvod
15. Regulacijska gred
16. Zgornji nivo vode

6.3.2 DELOVANJE

Francisova turbina je reakcijska turbina. Reakcijska turbina pomeni, da se vodi, ko teče mimo lopatic rotorja, zmanjšuje tlak, s čimer predaja energijo gonilniku in tudi generatorju. Energija se prenaša na gonilnik/generator z zmanjševanjem tlaka in prenosom kinetične energije vode.



Slika 13: Francisova turbina

(Vir: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5f/M_vs_francis_schnitt_1_zoom.jpg)

7 GENERATORJI

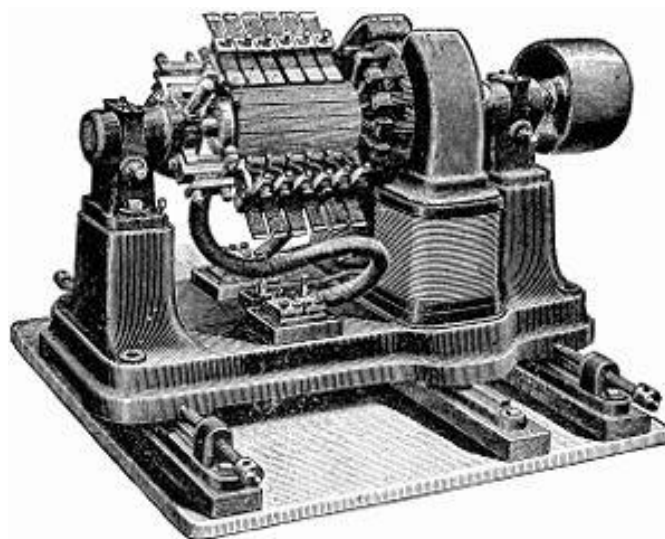
Ker bomo izdelovali turbine na manjših napetostih in tokih, bomo v sami raziskovalni nalogi delali z enosmernimi generatorji.

7.1 KOLEKTORSKI STROJ

Tukaj bomo predstavili samo zgodovino in delovanje kolektorskega stroja.

7.1.1 ZGODOVINA

Razvit je bil v času enosmernih izvorov električne napetosti (galvanski člen – Alessandro Volta), zato je bil razvit kot enosmerni motor. Danes kolektorske motorje uporabljamo tudi kot izmenične. Prve uporabne konstrukcije (Devenport 1837) so prehitale razvoj omrežij in so bile neuporabljene. Šele leta 1873 so z naključnim odkritjem generatorskega obratovanja enosmerne kolektorske motorja (Zenobe Gramme) bili izpolnjeni pogoji za razvoj prvih električnih omrežij in uporabo enosmernih motorjev. Prvi izdelek široke potrošnje z elektromotorjem je bil namizni ventilator, ki ga je leta 1897 izdelal Tomas Edison. Enosmerni motor z dobrim izkoristkom je bil izdelan nekaj desetletij kasneje, ko so spoznali pomen čim manjše zračne reže. Za kolektorski stroj je značilen komutator, ki je sestavljen iz kolektorja in ščetk.



Slika 14: Star jermenski dinamo

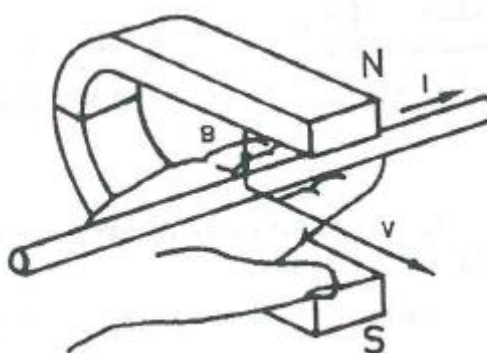
(Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamo>)

DELOVANJE GENERATORJA IN DINAMIČNA INDUKCIJA

Električni generator pretvarja mehansko energijo v električno na podlagi magnetne indukcije. Enosmerni stroj bo obratoval generatorsko, ko je inducirana napetost večja od priključene napetosti.

V vodniku se pojavi električna indukcija, če se vodnik v magnetnem polju giblje v takšni smeri, da seka magnetne silnice. Smer indukcije je odvisna od smeri magnetnih silnic ter smeri gibanja samega vodnika. V vodniku so tudi prosto gibljivi elektroni, ki jih z gibanjem vodnika prisilimo v usmerjeno gibanje. Tako se v vodniku inducira napetost in ta zavira gibanje vodnika.

Za določanje smeri inducirane napetosti poznamo pravilo desne roke.



Slika 15: Pravilo desne roke

(Vir: Knjiga Elektrotehnika)

Če položimo odprto dlan desne roke ob vodniku v magnetno polje, tako da silnice vstopajo v dlan, iztegnjeni palec pa kaže smer gibanja vodnika, nam iztegnjeni prsti kažejo smer delovanja inducirane napetosti (Igor Dosedla, ELEKTROTEHNIKA, 1998).

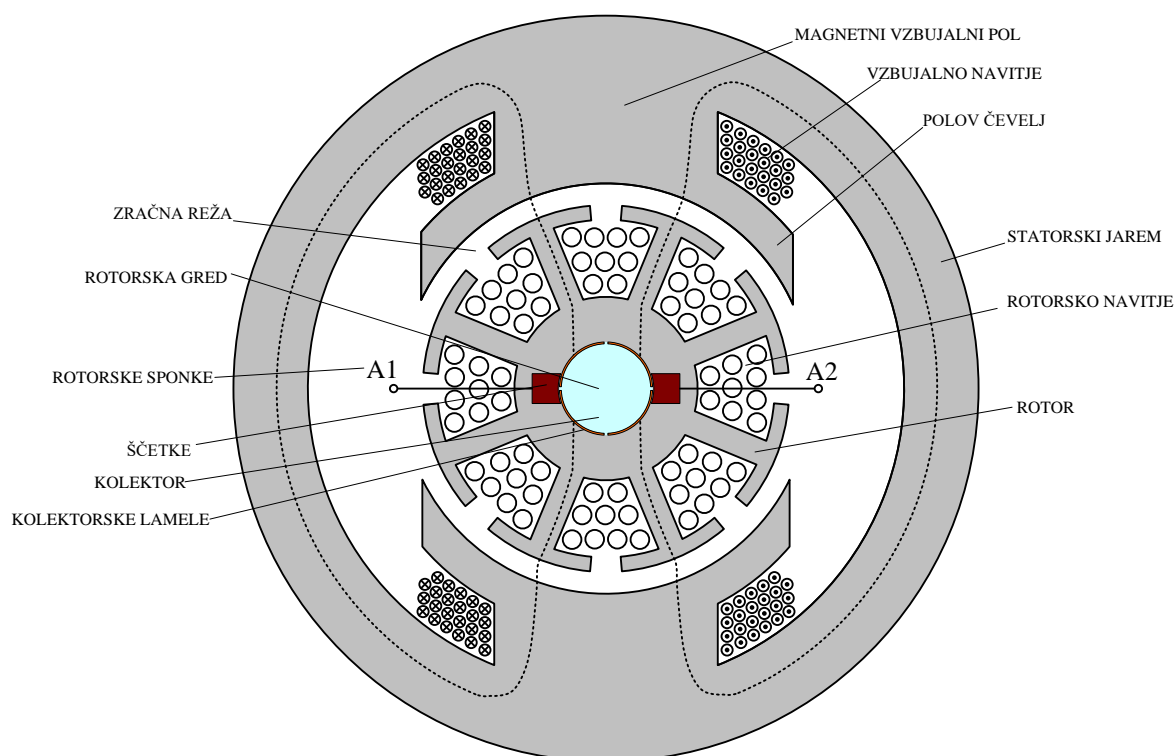
7.1.2 GENERATOR ENOSMERNE NAPETOSTI

Če želimo dobiti na sponkah generatorja enosmerno napetost, moramo uporabiti komutator ali kolektor. Ta ob spremembi položaja stranice navitja (smer sekanja magnetnih silnic) spremeni polariteto napetosti. Ker je gostota magnetnega polja največja ob polih, napetost ni konstanta, ampak je valovita (v horizontalni legi je enaka nič). Tako dobimo enosmerno napetost.

7.1.3 SESTAVA GENERATORJA

Stator je sestavljen iz statorskega jarma, ki omogoča sklenjeno pot silnicam magnetnega polja. Vzbujaalni poli so pritrjeni na statorski jarem. Okoli vzbujaalnih polov je navito vzbujaalno navitje, po katerem teče enosmerni vzbujaalni tok, tako da nastane v stroju enosmerno mirujoče magnetno polje. Na vzbujaalne pole sta privita polova čevlja, ki sta takšne oblike, da je celotni rotor v homogenem magnetnem polju. Zaradi vpliva izmeničnih rotorskih tokov sta polova čevlja lamelirana. Rotor je uležajen v ohišje stroja, tako da se vrti med statorskimi poli. Med rotorjem in statorskimi poli je tolikšna zračna reža, da se rotor neovirano vrti. Rotor je iz lameliranega železa. Na zunanjem obodu ima utore, v katere je vstavljeno glavno ali rotorsko navitje (indukt – v njem se inducira napetost). Na rotorski gredi je nameščen kolektor. Sestavljen je iz kolektorskih lamel (bron ali baker), ki so izolirane medsebojno in od gredi. Začetki in konci rotorskih tuljav so priključeni na kolektorske lamele. Začetek in konec rotorske tuljave sta priključena med dve sosedni kolektorski lameli. Na kolektorsko lamelo sta priključena konec prejšnje rotorske tuljave in začetek naslednje, da so vse rotorske tuljave preko kolektorskih lamel vezane zaporedno v zaključen krog.

Ščetke mirujejo s statorjem in drsijo po kolektorju. Ščetke razdelijo rotorsko navitje na dve vzporedni veji zaporedno vezanih tuljav. Kolektor in ščetke sestavljajo komutator. Pri vrtenju kolektorja se smer električnega toka skozi rotorske tuljave spreminja – komutira.



Slika 16: Sestava enosmernega motorja

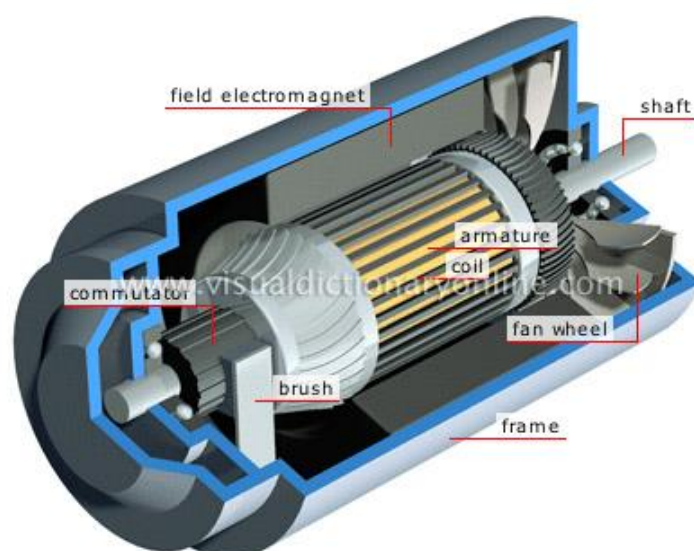
(Vir: lasten)

7.2 DINAMO MOTOR

S pomočjo rotirajočih navitij in magnetnega polja dinamo pretvarja mehansko delo v električno energijo. Dinamo je sestavljen iz statorja, ki se ne premika in ki ima konstantno magnetno polje, in rotirajočega navitja. Premikanje vodnika v magnetnem polju proizvede električni tok v vodniku. Dinamo je vrsta električnega generatorja, ki s pomočjo komutatorja proizvaja enosmerni tok, a velika slabost tega je, da se komutator obrablja. Zato so danes pogostejši generatorji izmenične napetosti, saj imajo večji izkoristek (95 %), so zanesljivejši in cenejši. Dinamo pretvarja mehansko delo v električno energijo. To lahko naredi s pomočjo vrtljivih navitij in magnetnega polja.

7.2.1 DELOVANJE DINAMA

V dinamo se najprej proizvaja izmenični tok, za to pa potrebujemo komutator, saj proizvaja izmenični tok v enosmernega. Komutator je nameščen na osi motorja in ta se vrti skupaj z njim. Po komutatorju drsijo grafitne ščetke, ki zaključujejo tokokrog med navitjem in zunanji priključki. Slabost dinama so ravno ščetke, ki se sčasoma obrabijo in jih moramo po določenem času obratovanja zamenjati.



Slika 17: Dinamo 1

(Vir: <http://www.visualdictionaryonline.com/science/physics-electricity-magnetism/generators/dynamo.php>)

7.3 ENOSMERNI DINAMO Axa Dynamo 8201 Right Alu / Steel Wheel

Odločili smo se za enosmerni generator, kajti z njim bomo lahko najlažje izkoriščali energijo vode ter bomo lahko enostavno polnili manjše porabnike. Ta dinamo doseže maksimalno napetost 6 V, tok 0,2 A ter moč 3W. Število vrtljajev je 460 vrtljajev na minuto.



Slika 18: Dinamo

(Vir: lasten)

8 IZDELOVANJE TURBIN V PROGRAMU BLENDER

Vse turbine smo načrtovali v programu Blender, kajti ta program se trenutno učimo v šoli. Ker so bili nekateri deli turbin kar zahtevni, smo poiskali pomoč pri profesorjih.

8.1 BLENDER

Ta program je namenjen za grafično 3D-modeliranje, komponiranje, animiranje, 3D-manipulacijo v realnem času, post produkcijo, izdelovanje 3D-računalniških iger in predvajalnik naštetega. Blender se je s svojo najnovejšo različico (2.79) močno približal svojim konkurentom, kot so Softimage, Maya in 3D Max. NeoGeo in NaN sta nizozemska animacijskega studia, ki sta ustvarila program Blender kot hišno 3D-orodje. Ta program je prost od 7. 9. 2002. Blender zavzame malo prostora na računalniku. Program je napisan v programskem jeziku C, za kar je značilna visoka hitrost računanja in zavidljiva odzivnost s podporo knjižnice OpenGL. Animacijska orodja vključujejo poleg standardnih interpolacijskih krivulj tudi inverzno kinematiko, armature, različne deformacije, detekcije trkov, različne fizikalne simulacije tekočin, delcev, vetra, gravitacije. Python je skriptni jezik za izdelovanje programskih prototipov, programskih orodij, uvoznih/izvoznih filtrov.

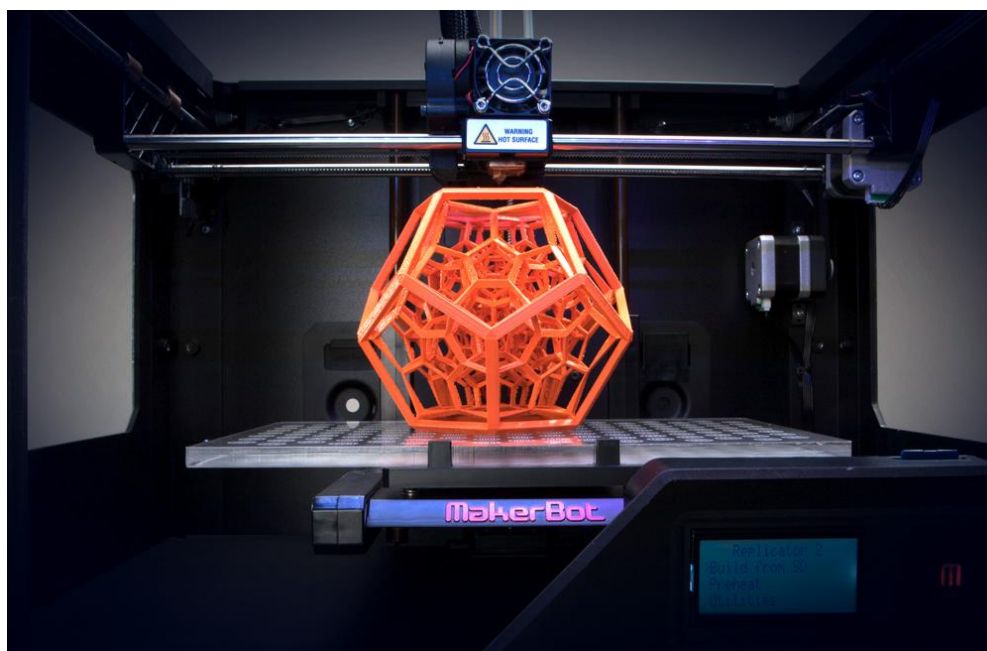


Slika 19: Slika Blender

(Vir: <https://www.blender.org/about/>)

8.2 KAJ JE 3D-TISKANJE

3D-tisk je tehnologija, s katero lahko hitro pridemo do fizičnega modela. Poznamo več vrst 3D-printerjev. Mi v šoli smo printali z navadnim 3D-printerjem. Naloga 3D-tiskalnikov je, da pretvorijo virtualne 3D-predmete v realne predmete z nanašanjem materiala. Zakaj pa je 3D-tiskalnik boljši od same izdelave? Odgovor leži v natančnosti in v tem, da lahko enostavno zelo natančno sprojektiramo 3D-model in ga potem damo natisniti. S tem prihranimo čas ter nenazadnje tudi denar.

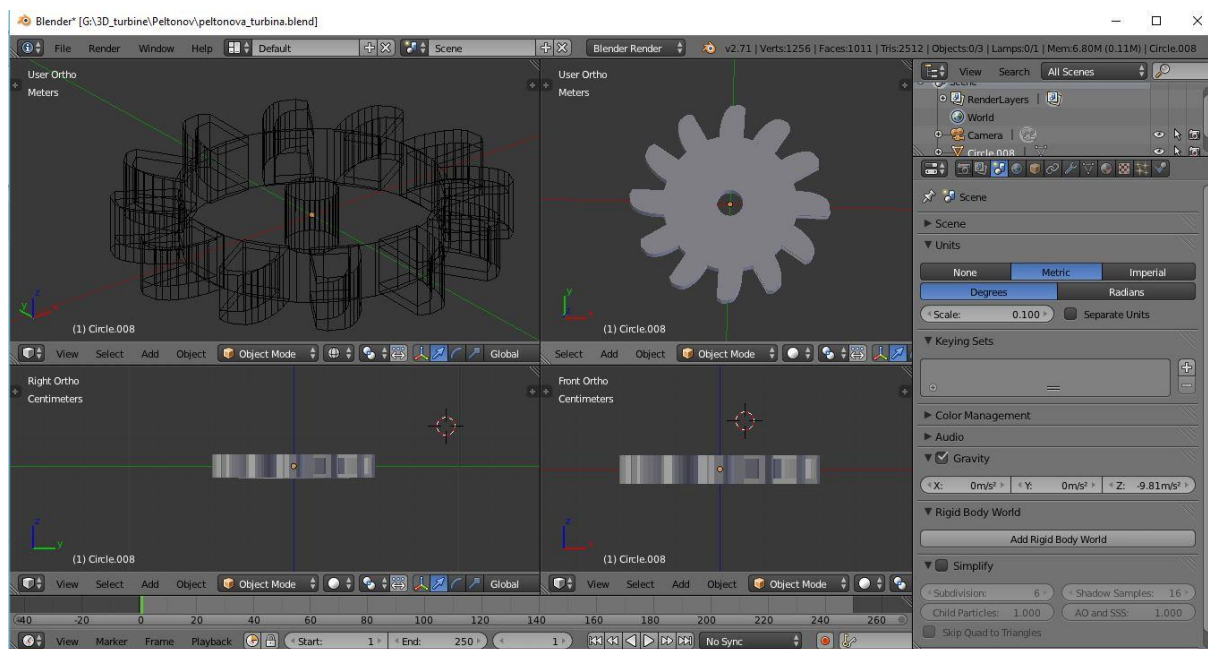


Slika 20: 3D-tiskanje

(Vir: <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/is-3d-printing-the-next-big-thing-or-the-next-big-bust/>)

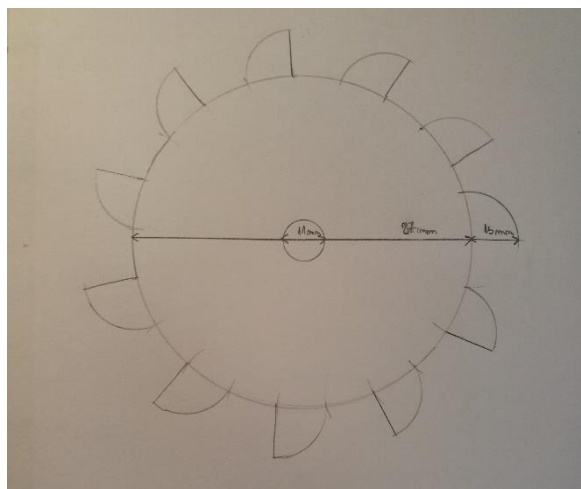
8.2.1 PELTONOVA TURBINA

Najprej smo poiskali turbine, katere naj bi uporabili in naredili, ter ugotovili, kje se uporabljajo ter njihov izgled z vseh perspektiv (tloris, naris, stranski ris). Nato smo debatirali, kako bi izgledale naše turbine, da bi najbolj izkoristile tok, pritisk in moč vode ter kako bi naredili najbolj stabilno, močno in učinkovito turbino. Začeli smo s Peltonovo turbino, saj je bila najbolj preprosta, zato smo hitro razumeli njeno delovanje in možnost izvedbe. V literaturi smo našli razmerja med lopaticami za najboljši izkoristek ter z merilom naredili in natisnili prvi prototip, za katerega pa smo ugotovili, da bi bil zmožen pritiska, a prešibek in na nekaterih delih slabo zmodeliran, zato smo ga zavrgli in izbrisali ter začeli od začetka. Naredili smo pomembne popravke, kot je luknja, skozi katero bo potekala gred in vrtela dinamo. Nato smo lopatice popravili na U-obliko in dodali rezilo na koncu, da lažje reže vodo. Naredili smo tudi večje in močnejše lopatice, da zdržijo skoraj vsako možno naravno moč vode. Te lopatice smo z modifikatorjem cycle array naredil v krog z optimalnim razmikom med lopaticami. Na koncu smo celotno stvar dali v slt-datoteko, da jo je prof. (profesor) Grabant priredil za tiskalnik ter jo dali natisniti.



Slika 21: Peltonova turbina v programu Blender

(Vir: lasten)



Slika 22: Tehniška risba Peltonove turbine

(Vir: lasten)



Slika 23: 3D model Peltonove turbine

(Vir: lasten)

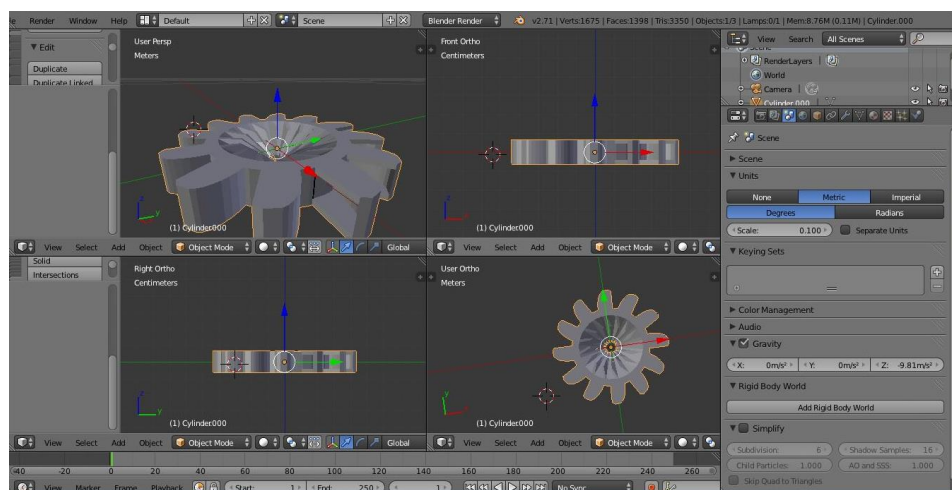
8.2.2 FRANCISOVA TURBINA

Za zgradbo Francisove turbine smo ubrali isti postopek kot pri Peltonovi – na internetu smo poiskali primere, pogledali dejanske pretoke vode ter kako poteka splošno obračanje turbine. Nato smo zopet iskali primere teh turbin na internetu. Našli smo zadovoljiv model, ki nam je ustrezal, in uporabili pravilne meritve, funkcije in dodatne sisteme, ki jih ima vgrajen Blender, da smo jo zgradili. Ker turbina ni delovala, kot smo želeli, smo se odločili, da bomo uporabili svoj način in zasnovo, tako da bo turbina podobna Peltonovi, le da bo kot večina imela v sebi lopatice, ki bodo obrnjene v smer vode, ter izhodno luknjo na koncu, iz katere bo voda iztekala. To turbino smo kasneje natisnili.



Slika 24: Francisova turbina končni izdelek

(Vir: lasten)

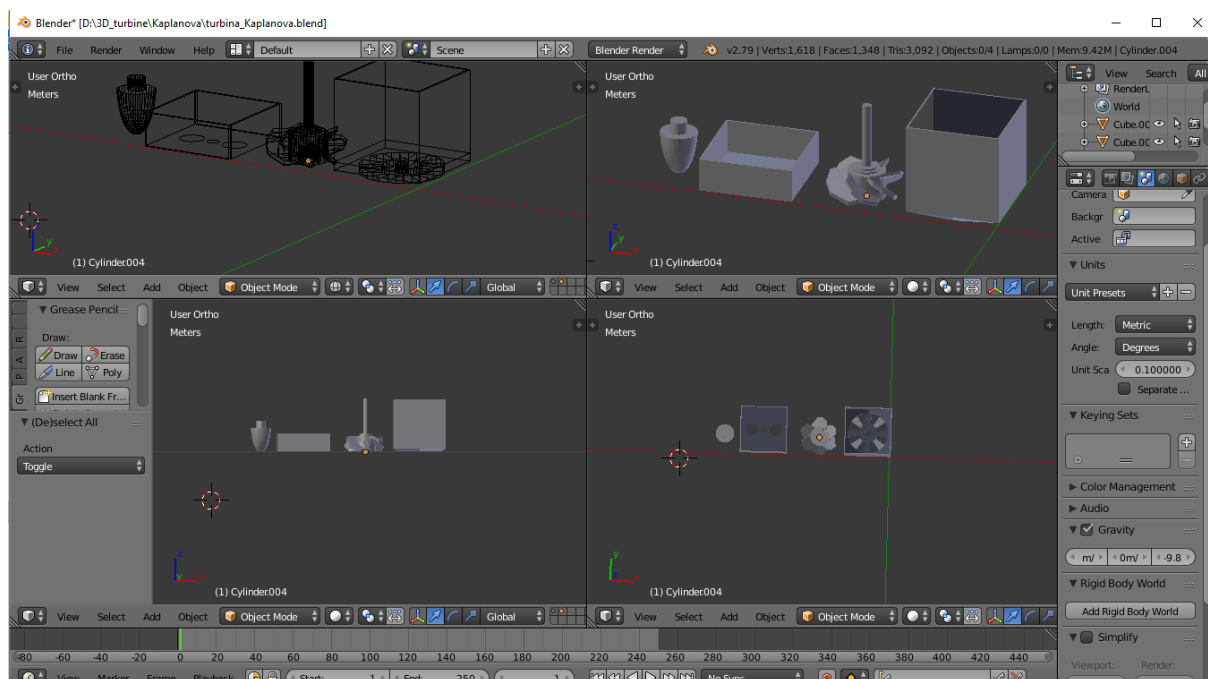


Slika 25: Francisova turbina v programu Blender

(Vir: lasten)

8.2.3 KAPLANOVA TURBINA

Nato smo na spletu pogledali še, kako izgleda, deluje in kako je postavljena Kaplanova turbina. Pregledali smo razne slike, videoposnetke in skupno oblikovali turbino z nekaterimi kompromisi. Nato smo jo na hitro narisali, da smo videli, ali se vsi strinjamo, ter jo estetsko popravili in izboljšali. Nato smo skico na novo narisali v Blenderju, kjer smo si jo lahko lažje predstavljali, saj je bila tam narisana v 3D-tehnologiji. Kar nekajkrat smo jo popravili, prav tako tudi ohišje turbine. Najprej smo dodali objekt »cilinder« ter ga nato s Ctrl + B tipko obrobili ter oblikovali v obliko metka. S funkcijo na internetu smo izračunali, kako naj izgledajo lopatice ter kako velike ter debele morajo biti, da se ne zlomijo pod pritiskom. Ko smo oblikovali turbino, je bilo potrebno računati, da voda leti pravokotno in da bomo zato potrebovali poseben način usmerjanja vode, zato smo naredili posebno škatlo, ki je imela na vrhu 2 luknji za pritek vode ter na sredini eno za držanje turbine na mestu. Dno je bilo pod kotom 23° ter je imelo spodaj luknje za odtok vode. Nazadnje smo vse razrezali na štiri dele, da se je vse lahko natisnilo.



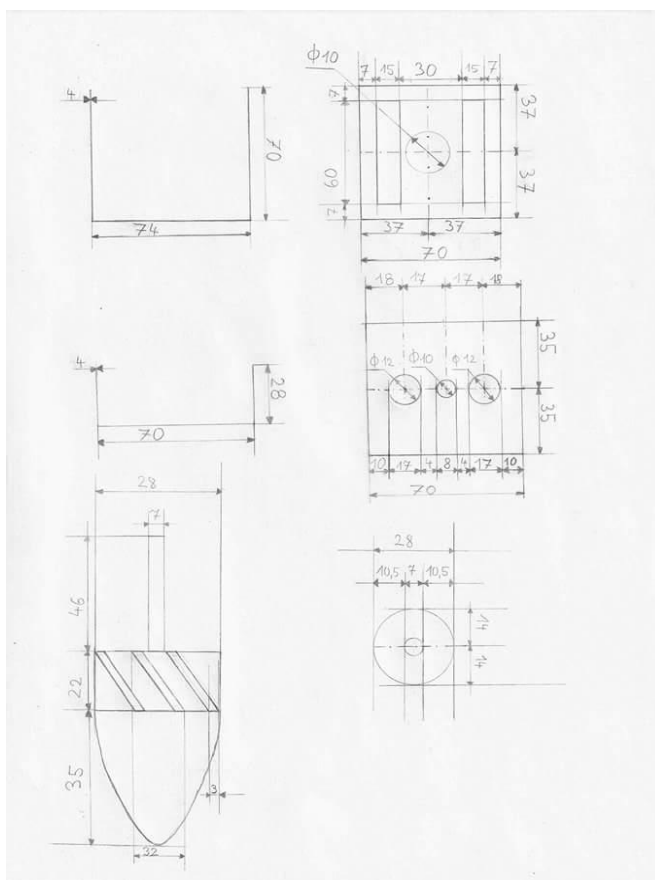
Slika 26: Kaplanova turbina v Blenderju

(Vir: lasten)



Slika 27: 3D-model Kaplanove turbine

(Vir: lasten)

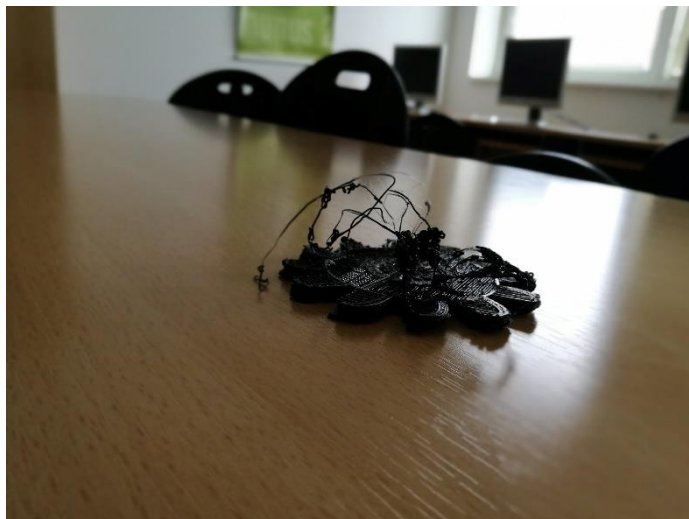


Slika 28: Tehnična risba Kaplanove turbine

(Vir: lasten)

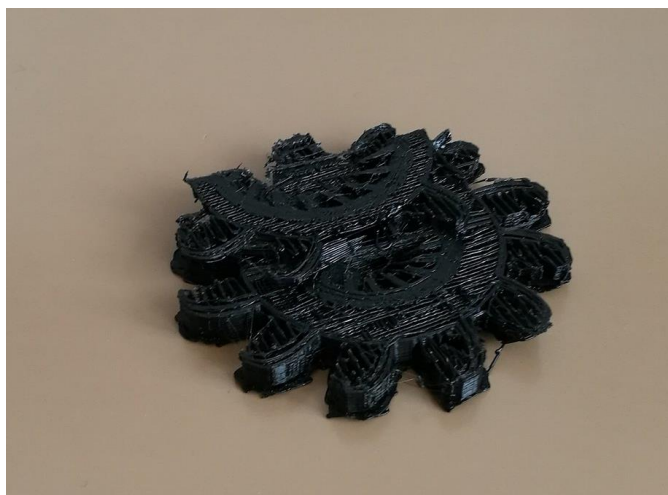
8.2.4 TEŽAVE V PROGRAMU BLENDER

Največ težav pri sami raziskovalni nalogi je bilo pri tiskanju turbin. Kar štirikrat so se nam turbine ponesrečile. To se je zgodilo zaradi zahtevnosti turbin. A to nas ni ustavilo, kajti bili smo osredotočeni na nalogo.



Slika 29: Ponesrečena turbina 1

(Vir: lasten)



Slika 30: Ponesrečena turbina 2

(Vir: lasten)

9 IZDELAVA TURBIN

Cilj pri izdelavi vsake turbine je bil, da porabimo čim manj denarja ter da bo turbina proizvajala energijo. Prav tako pa smo morali paziti na težo in velikost, kar pa ni bila tako lahka naloga, saj so osi in matice iz železa. Zavedali smo se tudi pojava korozije, ki ni ljubitelj kovinskih delov. Vse meritve smo opravljali v reki Paki.

9.1 MONTAŽA PELTONOVE TURBINE

Za samo izdelavo Peltonove turbine smo se odločili, da jo naredimo na osnovi kanalizacijske cevi (PP CEV ZA HK ALPRO HTEM 110*1000 mm). Najprej smo si skicirali, kako bo izgledala celotna turbina. Na podlagi skice smo narisali tehniško risbo. Sledilo je nakupovanje elementov za celoten projekt. Glavni trgovini sta bili Ideal in Merkur. Ko smo nakupili vse potrebno, smo šli do strojnega remonta, kjer smo najprej zvrtili luknje za ležaja. Vrtanje ni bilo tako enostavno, saj je plastika te cevi zelo trda, ovoj plastike pa ozek in zato bi lahko ležaj hitro zdrsnil oziroma padel iz cevi. Za tem je sledilo sestavljanje. Najprej smo vstavili dva ležaja premera 28 mm. Skozi ležaja je prišla navojna cev premera M12 mm. Na sredino smo dali turbino. Na vsako stran ležaja smo dali 2 podložki, in sicer eno vzmetno podložko in eno navadno, zaradi tega, da ležaj nima tolikšnega pritiska in da se sama turbina lažje vrti. Za podložkama je sledila matica. Matice zaradi pritiska nismo preveč zategnili; ko smo namreč prvič sestavljali turbino, nismo pazili na zategnitev matic. Prav tako smo dali na vsako stran turbine matico in eno vzmetno podložko. Zatem je sledil težji del, kam pritrčiti dinamometer na takšen način, da ne bo v vodi. Spomnili smo se na 25 cm dolg nosilec, ki smo ga pritrčili na vrh cevi. Tako smo dobili ogrodje za postavitev dinamometera. Dinamometer smo vstavili na kotnik s pomočjo vijakov. Imeli smo še večji problem, kako natakniti zobnik prave velikosti na dinamometer.

Na srečo smo doma našli staro igračo, iz katere smo vzeli plastičen zobnik. V strojnem remontu smo izvrtali pravo velikost luknje in zobnik nataknili na sprednji del dinamama. Kasneje smo v trgovini Ideal kupili zobčasti navaden zobnik, tako da je sedaj prenos 1:1 in ni izgube mehanske energije. Ko smo vse to opravili, nas je začela skrbeti voda in dinamo, kajti če voda prodre v dinamo, le-ta preneha delovati. To skrb smo ovrgli s pomočjo požirk. Na dinamo smo dali požirko in to stopili s pomočjo toplotnega fena. Tako voda ne bo prišla v dinamo. Ker pa bi tako težje opravljali meritve, smo pri praktičnem delu pouka izdelali povezovalne žice. Tako smo lahko opravili meritve in turbina je bila končana.

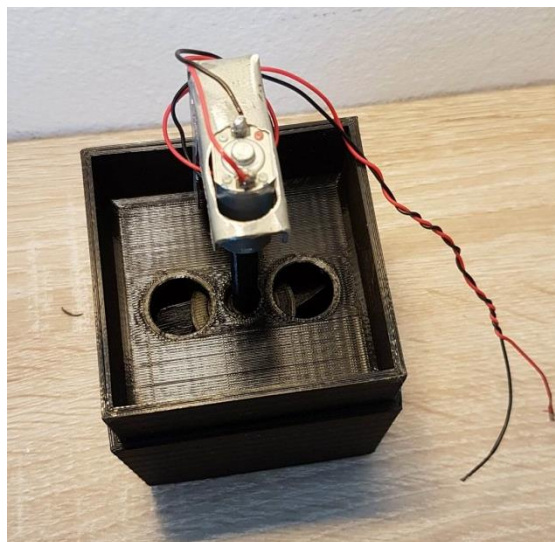


Slika 31: Peltonova turbina – končni izdelek

(Vir: lasten)

9.2 MONTAŽA KAPLANOVE TURBINE

Pred izdelovanjem turbine smo si jo narisali, da smo vedeli, kako bo turbina izgledala. Nato smo v Blenderju narisali turbino in ohišje, ki smo ga razdelili na štiri dele, da ga je bilo sploh možno tiskati. Po nekaj popravkih smo dali turbino in ohišje tiskati. Po tiskanju pa smo začeli sestavljati turbino. Najprej smo turbino vstavili v ohišje in ga zaprli tako, da smo zgornji del škatlice vtaknili v spodnji del. Nato smo v os, ki je bila del turbine, zvrtili luknjo in vanjo vstavili os generatorja. Pred tem pa smo na generator prispajkali dva vodnika. Nato smo se lotili izdelave nosilca za generatorja. Najprej smo izmerili sredino dolžine škatlice ter označili, kje bomo zvrtili dve luknji. Nato smo na označenem mestu zvrtili dve luknji, potem pa izmerili, kako dolg mora biti nosilec in to mero prenesli na material z U-profilom in ga odrezali. Na koncu tega materiala smo na sredini širine zvrtili dve luknji, ki sta enako veliki kot smo jih zvrtili pri ohišju turbine. Nato pa smo na material z U-profilom na sredini zarezali dva trikotnika na vsaki strani in nato zakrivili železo pod kotom 90° . Nato smo na zgornjem delu še z vrtnjem naredili odprtino za generator. Potem smo spodnji del nosilca privijačili z dvema vijakoma z ohišjem. Nazadnje smo vodnika speljali okoli nosilca, da kakršno koli dejanje ne vpliva na vrtenje turbine.



Slika 32: Končni izdelek – Kaplanova turbina

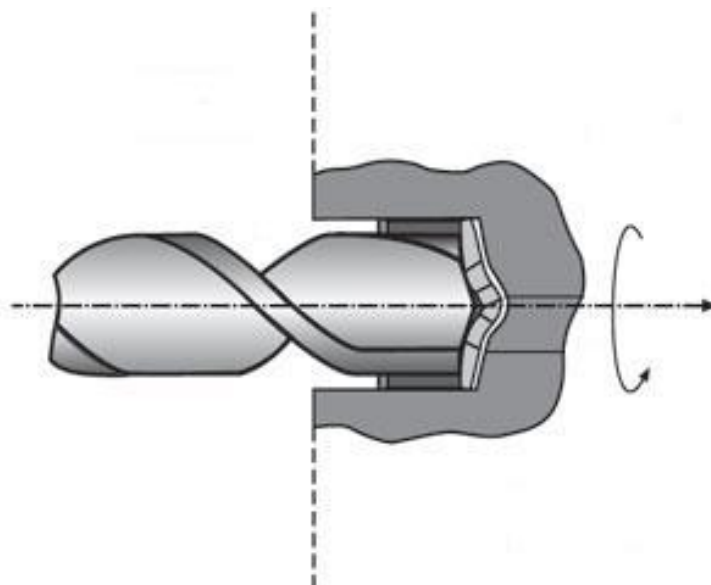
(Vir: lasten)

9.2.1 KAJ JE PRAVILNO VRTANJE IN KAKO NAREDITI NAVOJ

Vrtanje je obdelava materiala, tako da mu spremenimo obliko. Pri vrtanju sveder zaradi svojega vrtenja in gibanja v svoji osi odrezuje obdelovanec oziroma napravlja določeno obliko, ki je odvisna od njegove oblike. Sveder je vpet v vrtalni stroj, ki je lahko prenosni ali nepremični. In ko zaženemo stroj, le-ta zavrti sveder in ta nato naredi določeno obliko v materialu, ki je odvisna od oblike in velikosti svedra.

Navoj je krivulja, ki se enakomerno vzpenja in poteka od začetka do konca nekega obdelovanca. Navoj omogoča premik nekega predmeta, ki ima enak navoj, tako da se eden od njiju zavrti in eden predmet se začne premikati.

Če delamo navoj ročno, rabimo tri tipe navojnih svedrov. Sprva moraš zvrtni luknjo. Nato izbrati pravo velikost treh tipov navojnih svedrov. Najprej začnemo z predrezovalnim svedrom, s katerim na grobo nakažemo navoj. Nato gremo s prirezovalnim svedrom in nazadnje z dorezovalnim svedrom, s katerim navoj dobi končni izgled.



Slika 33: Smer vrtnja

(Vir: <http://www.mdm2000.si/sl/vrtanje>)

9.3 MONTAŽA FRANCISOVE TURBINE

Preden smo se lotili izdelave celotne turbine, smo si narisali tehnično risbo, da smo imeli boljšo predstavo, kako naj bi celoten izdelek izgledal in kaj vse bomo potrebovali. Vse potrebne dele smo kupili v trgovinah, kot sta Merkur in Ideal, v Ciklošportu pa smo kupili dinamo. Nato smo 3D natisnil turbine. Najprej smo morali izdelati ogrodje turbine. To smo storili tako, da smo 2 cevi s pomočjo strojnega tehnika privarili na okrogli del in skozi njiju izvrtali luknji. V okrogli del smo nato vstavili ležaj, na njega pa namestili še plastičen pokrov, da voda ni mogla priti do ležaja. Nato smo v turbine vstavili os in na obe strani dali podložko, čeznjo pa še matico in jo zategnili. V ogrodje smo izvrtali štiri luknje. To smo storili tudi v gumijasti podloški in pleksi steklu. Vse luknje smo izvrtali tako, da so se prekrivale. Čez vsako luknjo smo vstavili vijak in ga zategnili. Na dinamo smo nato pritrdili še zobnik in celoten dinamo pritrdili na os. Poskrbeli smo, da je bil dinamo pri testiranju dovolj odmaknjen od vode, da se ni uničil oz. poškodoval.



Slika 34: Francisova turbina – izgled

(Vir: lasten)

10 MERITVE

10.1 Opis meritev

Vse meritve smo opravljali pod istimi pogoji. Najprej smo izmerili hitrost vrtenja vrtalnika ter napetost na dinamometer. Sledile so še meritve turbin. Za meritve turbine smo vzeli enake pretoke, tako, da smo jih na koncu lahko primerjali med seboj.

10.2 Meritve na vrtalnem stroju

Za izvajanje meritev na vrtalnem stroju smo si zbrali model Makita akumulatorski vrtalnik DF457DWE. Najprej smo si izbrali 5 različnih postaj na vrtalnem stroju. Nato smo na vrtalnik namestili bel kos lepilnega traku ter izmerili število vrtljajev s pomočjo laserskega stroboskopa. Rezultate smo vpisali v tabelo in na podlagi tabele smo naredili še graf.



Slika 35: Makita akumulatorski vrtalnik DF457DWE

(Vir: lasten)



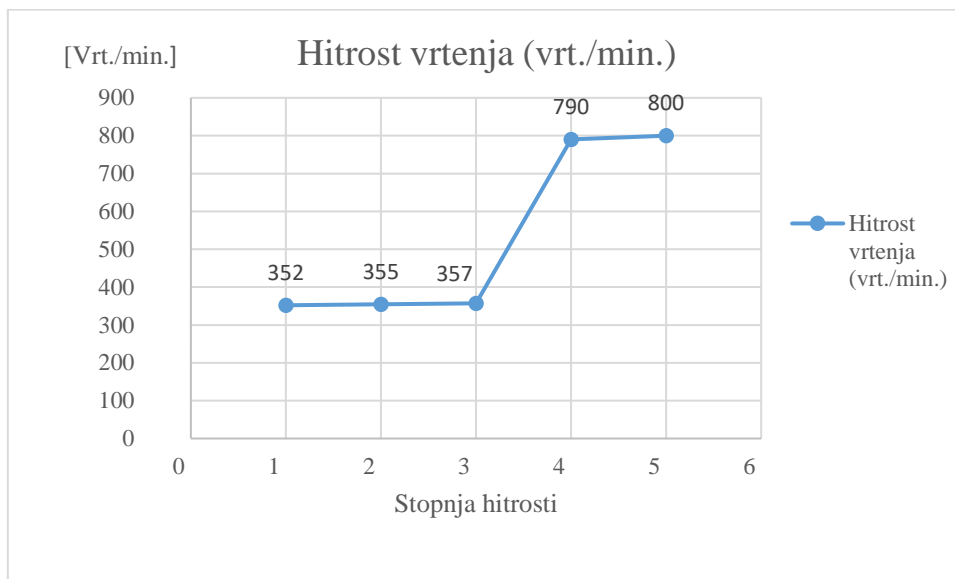
Slika 36: Laserski stroboskop

(Vir: lasten)

Tabela 1: Prikazovanje hitrosti vrtenja na vrtnem stroju

Stopnja hitrosti	Hitrost vrtenja [vrt./min.]
1	352
2	355
3	357
4	790
5	800

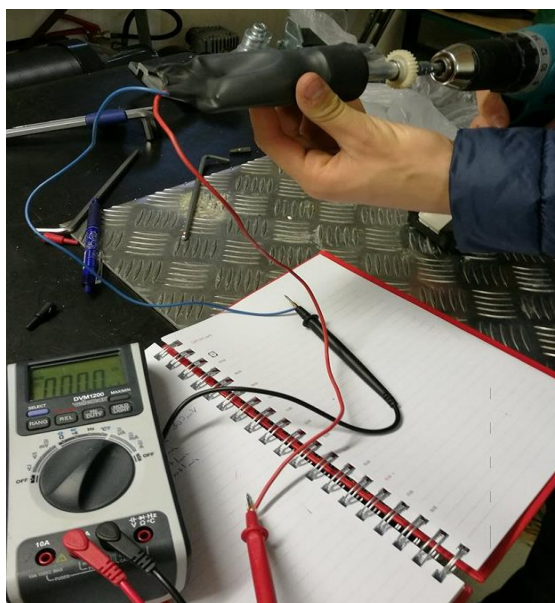
- 1- Hitrost 1
- 2- Hitrost 2
- 3- Hitrost 3
- 4- Hitrost 4
- 5- Hitrost 5



Graf 1: Hitrost vrtenja na vrtalniku

10.3 Meritve na generatorju

Za izvajanje meritev generatorja (dinama), smo potrebovali vrtalni stroj in merilni instrument. Generator smo fiksno povezali na vrtalni stroj. Zatem smo izvajali meritve na petih različnih hitrostih. Pri vsaki hitrosti smo dobili določeno napetost v [mV]. Te podatke smo vpisali v tabelo in na podlagi tabele naredili še graf.

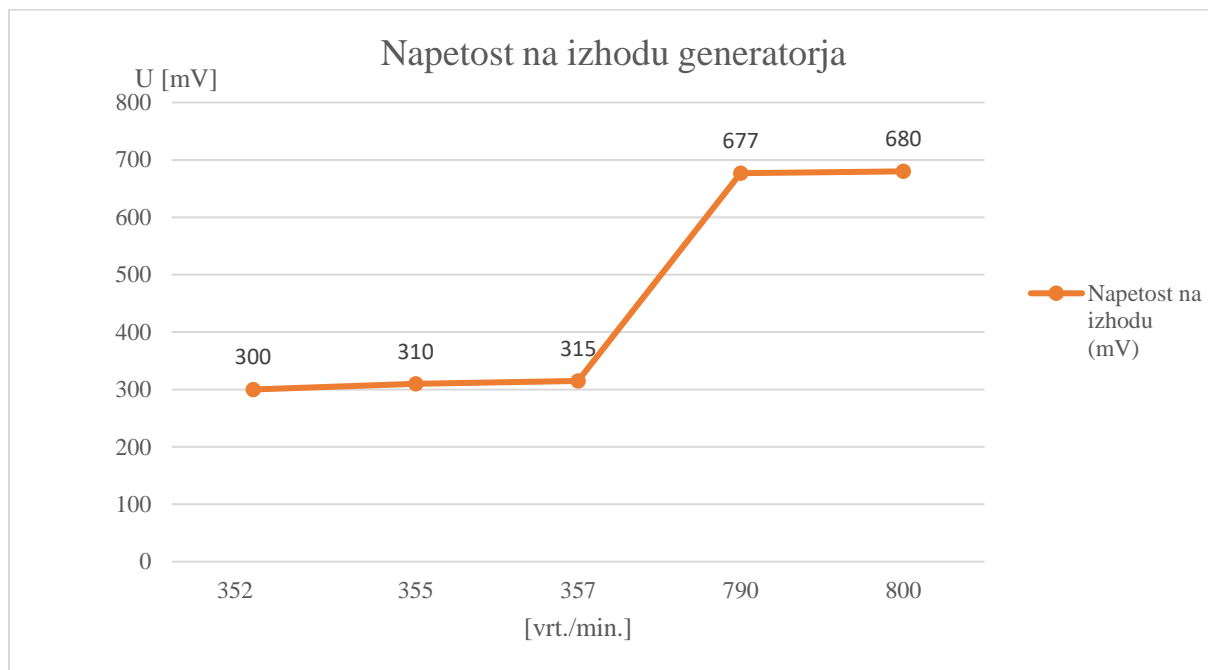


Slika 37: Opravljanje meritev na Dinamu

(Vir: lasten)

Tabela 2: Napetost na Dinamu pod določeno hitrostjo na vrtalniku

Stopnja hitrosti	Hitrost vrtenja [vrt./min.]	Napetost na izhodu [mV]
1	352	300
2	355	310
3	357	315
4	790	677
5	800	680



Graf 2: Napetost na dinamu pod določeno hitrostjo na vrtalniku

10.4 Meritve pretoka

Te meritve smo se lotili tako, da smo si na pipi označili pet različnih mest. Nato smo pod pipo dali 10 litrsko vedro. Pipo smo odprli do prve oznake ter izmerili čas. Na podlagi časa smo izmerili pretok l/s (liter na sekundo) vode skozi pipo. Ta postopek smo ponovili tudi na drugih oznakah.



Slika 38: Meritve pretoka

(Vir: lasten)

Tabela 3: Hitrost pretoka iz vrtno pipe

KORAKI	ČAS MERJENJA (s)	HITROST PRETOKA [l/s]
1	16	0,625
2	14	0,714
3	10,5	0,952
4	9,5	1,052
5	7	1,421

- 1- Pipa odprta $1/5 = 72^\circ$
- 2- Pipa odprta do $2/5 = 144^\circ$
- 3- Pipa odprta do $3/5 = 216^\circ$
- 4- Pipa odprta do $4/5 = 288^\circ$
- 5- Pipa odprta do $5/5 = 360^\circ$

10.5 Meritve Peltone turbine

Na Peltonovi turbini smo izvajali meritve pod petimi pretoki. Pri vsakem pretoku smo dobili rezultate, ki smo jih vpisali v tabelo. Na podlagi tabele smo naredili graf, ki prikazuje kašna je napetost pod določenim pretokom. Vidno je tudi kakšna je napetost pod določenimi obrati.



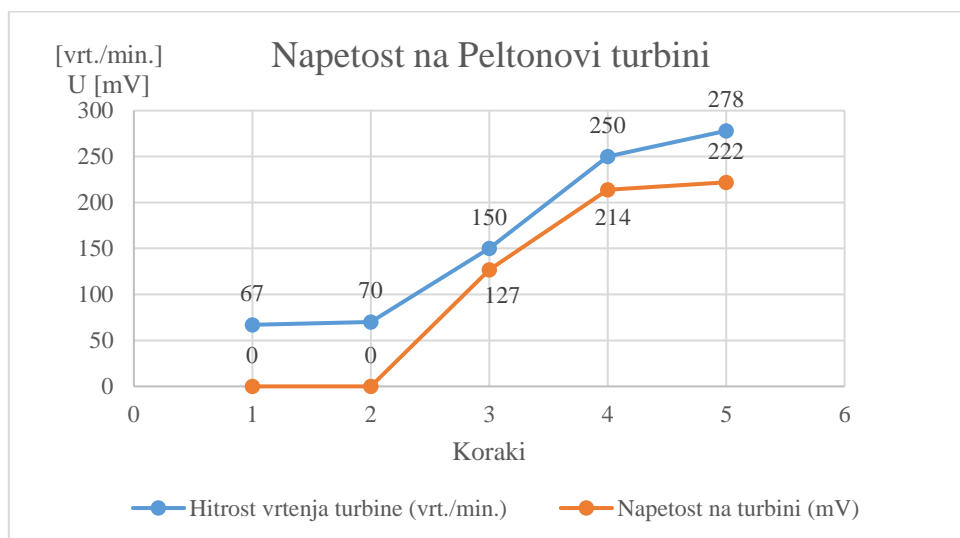
Slika 39: Opravljanje meritev na Peltonovi turbini

(Vir: lasten)

Tabela 4: Napetost na Peltonovi turbini

KORAKI	PRETOK	HITROST VRTENJA TURBINE (vrt./min.)	Napetost na turbini (mV)
1	1	67	0
2	2	70	0
3	3	150	127
4	4	250	214
5	5	278	222

- 1- Pipa odprta do 1/5
- 2- Pipa odprta do 2/5
- 3- Pipa odprta do 3/5
- 4- Pipa odprta do 4/5
- 5- Pipa odprta do 5/5



Graf 3: Napetost na Peltonovi turbini

10.6 Meritve Francisove turbine

Na Francisovi turbini smo izvajali meritve pod petimi pretoki. Pri vsakem pretoku smo dobili rezultate, ki smo jih vpisali v tabelo. Na podlagi tabele smo naredili graf, ki prikazuje kašna je napetost pod določenim pretokom. Vidno je tudi kakšna je napetost pod določenimi obrati.



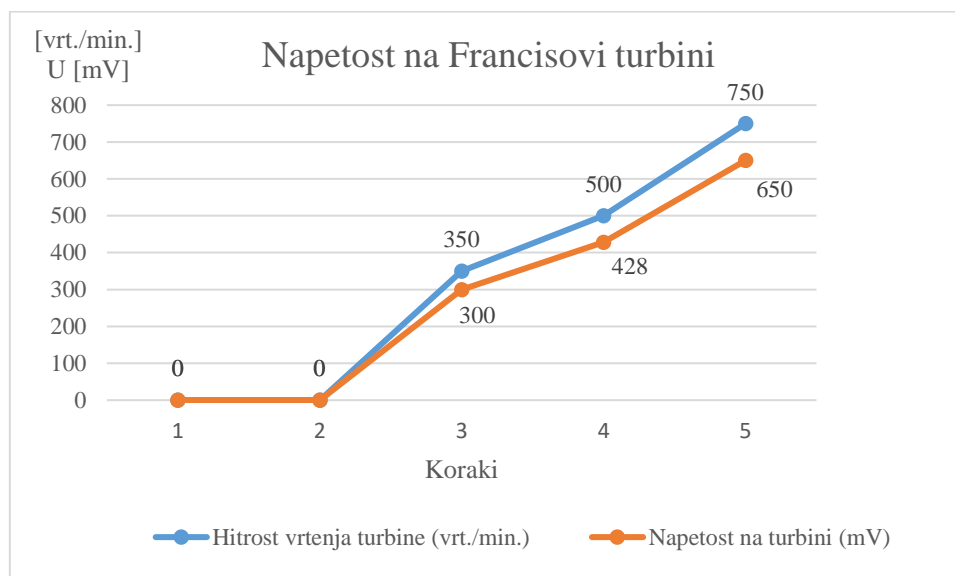
Slika 40: Opravljanje meritev na Francisovi turbini

(Vir: lasten)

Tabela 5: Napetost na Francisovi turbini

KORAKI	PRETOK	HITROST VRTENJA TURBINE (vrt./min.)	Napetost na turbini (mV)
1	1	0	0
2	2	0	0
3	3	350	300
4	4	500	428
5	5	750	650

- 1- Pipa odprta do 1/5
- 2- Pipa odprta do 2/5
- 3- Pipa odprta do 3/5
- 4- Pipa odprta do 4/5
- 5- Pipa odprta do 5/5



Graf 4: Napetost na Francisovi turbini

10.7 Meritve Kaplanove turbine

Na Kaplanovi turbini smo izvajali meritve pod petimi pretoki. Pri vsakem pretoku smo dobili rezultate, ki smo jih vpisali v tabelo. Na podlagi tabele smo naredili graf, ki prikazuje kašna je napetost pod določenim pretokom. Vidno je tudi kakšna je napetost pod določenimi obrati.



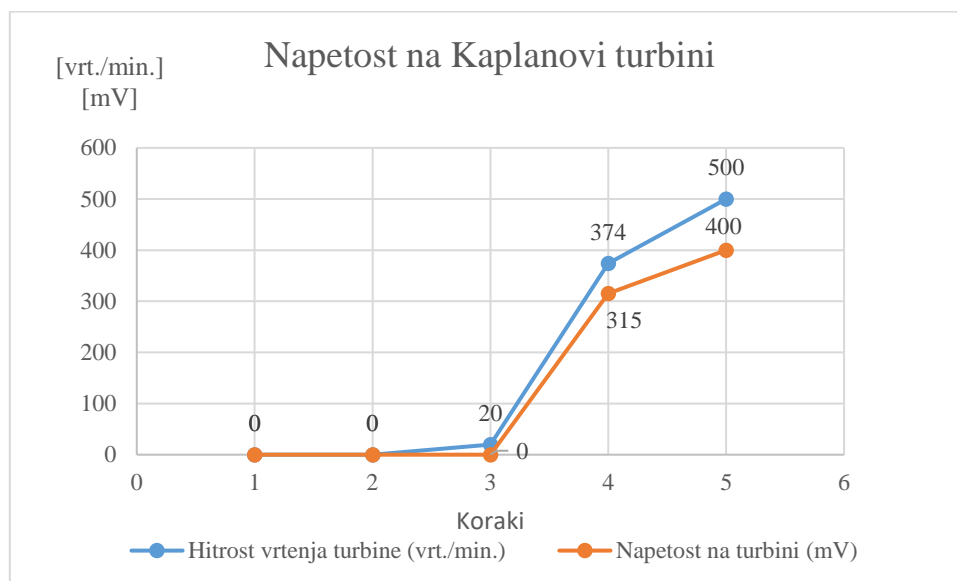
Slika 41: Opravljanje meritev na Kaplanovi turbini

(Vir: lasten)

Tabela 6: Napetost na Kaplanovi turbini

KORAKI	PRETOK	HITROST VRTENJA TURBINE (vrt./min.)	Napetost na turbini (mV)
1	1	0	0
2	2	0	0
3	3	20	0
4	4	374	315
5	5	500	400

- 1- Pipa odprta do 1/5
- 2- Pipa odprta do 2/5
- 3- Pipa odprta do 3/5
- 4- Pipa odprta do 4/5
- 5- Pipa odprta do 5/5



Graf 5: Napetost na Kaplanovi turbini

11 OPRAVLJANJE MERITEV NA REKI PAKI TER MOŽNE IZBOLJŠAVE

Po končanih meritvah na vrtni pipi smo se odpravili še odpravili izvajati meritve na reko Paka.



Slika 42: Reka Paka

(Vir: lasten)

Najprej smo izmerili hitrost reke in njen pretok. Hitrost reke smo izračunali po enačbi:

Enačba 4

$$V = \frac{S}{t}, \text{ kjer je}$$

V=hitrost

S=pot

t=čas

To meritev smo opravili tako, da smo na 10-meterski razdalji vrgli v reko listek in merili, koliko časa potrebuje, da opravi to pot. To smo naredili 10-krat in na podlagi aritmetičnega računa izračunali srednji čas in potem povprečno hitrost reke. Hitrost reke je bila $3,8 \frac{m}{s}$.

11.1 Meritve in možne izboljšave Peltonove turbine

Turbino smo dali pod manjši padec, a se turbina ni vrtela, kar je bilo za nas veliko razočaranje, kajti vanjo smo vložili veliko dela. Nato smo dinamo sneli in pogledali, ali se vrti brez dinama. Turbina se je vrtela v praznem teku, in sicer s hitrostjo 40 vrtljajev na minuto. Zakaj se turbina ni vrtela? Ko smo delali meritve, smo videli, da tudi z reducirnim ventilom nismo mogli natančno preusmeriti vode na turbino. S tem smo izgubili večino moči vode, ki jo turbina ni bila zmožna izkoristiti. Napaka ni bila v ventilu. Napaka je bila v sami turbini. Turbina je bila enostavno preozka, da bi lahko poganjala 6 V dinamo.

Za prihodnje raziskovanje smo našli izboljšave in prva je, da poglobimo in povečamo lopatice turbine, tako horizontalno kot vertikalno. Povečali jo bomo, zato ker gre preveč vode mimo turbine in sploh ne zajame lopatic. S povečavo bo turbina zajela več vode in bo lahko poganjala dinamo. S tem, ko povečamo turbino, bomo tudi povečali hitrost vrtenja turbine in tudi navor in z navorom bomo lahko zavrteli dinamo motor. Opazili smo tudi, da lega ni bila najbolj primerna. Ta turbina potrebuje hitrost in to lahko dosežemo s padcem vode, tako da bomo v prihodnje izvajali meritve pod kakšnim padcem vode, na primer pod manjšim slapom.



Slika 43: Opravljanje meritev na reki Paki, Peltonova turbina

(Vir: lasten)

11.2 Meritve in možne izboljšave Francisove turbine

Turbino smo dali pod manjši padec, a se turbina ni vrtela, kar je bilo za nas veliko razočaranje, kajti vanjo smo vložili veliko dela. Nato smo dinamo sneli in pogledali, ali se vrti brez dinama. Turbina se v praznem teku prav tako ni vrtela. Zakaj se turbina ni vrtela? Ko smo delali meritve, smo opazili, da je turbina potrebovala velik curek, da se je sploh zavrtela.

Za prihodnje raziskovanje smo našli izboljšave in prva je, da na drugačen način zasnujemo turbino. Z drugačnim ogrodjem bi turbina zajela več vode in bo lahko poganjala dinamo. S tem, ko spremenimo ogrodje turbine, da pomanjšamo samo upornost vrtenja ter povečamo vdor vode na lopatice bomo tudi povečali hitrost vrtenja turbine in tudi navor in z navorom bomo lahko zavrteli dinamo motor v reki. Opazili smo tudi, da lega ni bila najbolj primerna. Ta turbina potrebuje velike hitrost in to lahko dosežemo s padcem vode, tako da bomo v prihodnje izvajali meritve pod kakšnim padcem vode, na primer pod manjšim slapom.

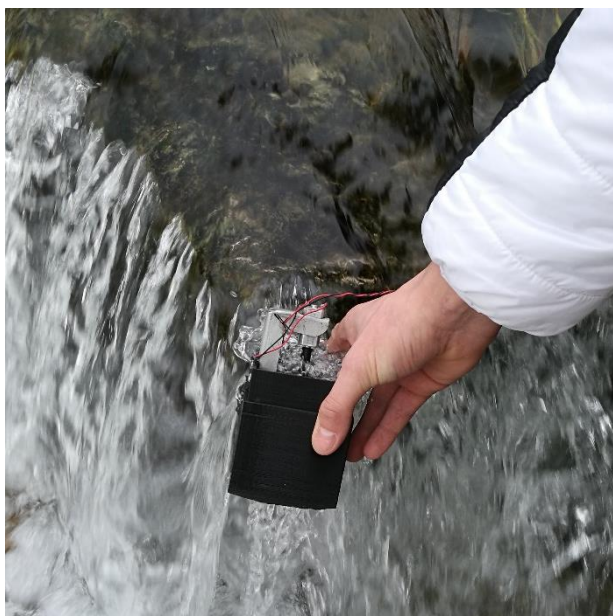


Slika 44: Opravljanje meritev na reki Paki, Francisova turbina

(Vir: lasten)

11.3 Meritve in možne izboljšave Kaplanove turbine

Nazadnje smo še v reko postavili Kaplanovo turbino, ki smo jo dali pod manjši padec, a se turbina ni vrtela. Nato smo dinamo sneli in pogledali, ali se vrtil brez dinama. Turbina se v praznem teku prav tako ni vrtela. Zakaj se turbina ni vrtela? Turbina se ni vrtela zaradi velikosti in usmerjenosti vode na lopatice. Prvo, turbina bi morala biti večja za dano reko, drugo, na turbino bi morali bolje usmeriti vodo. Boljšo usmerjenost vode na turbino bi dosegli s cevkami. Vodo bi dobesedno morali preusmeriti s cevkami na lopatice Kaplanove turbine.

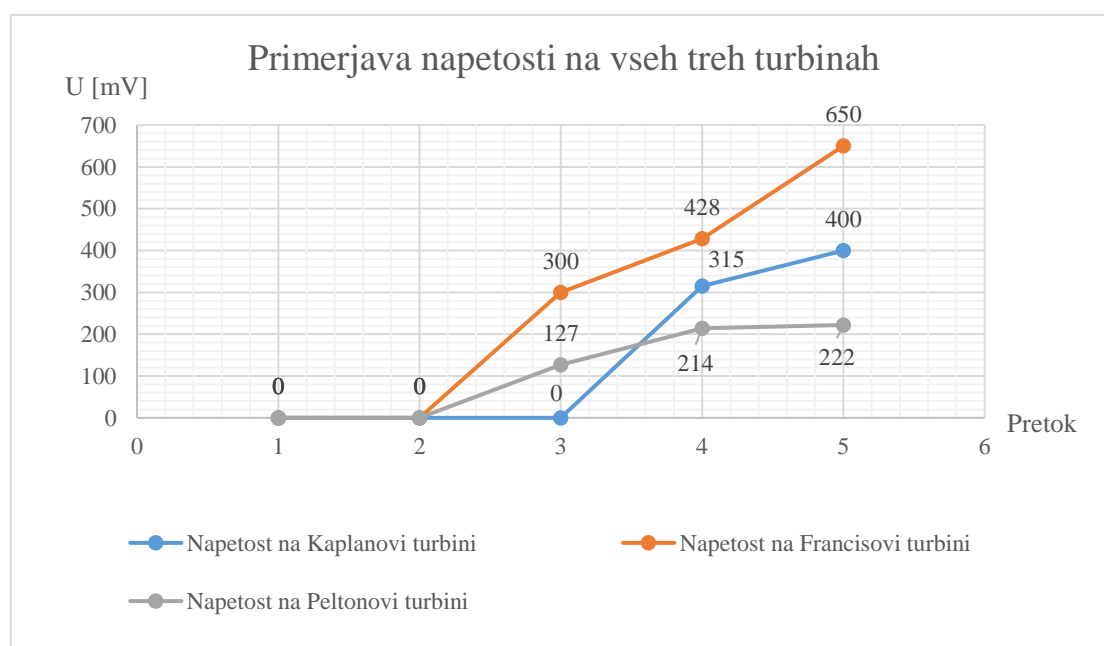


Slika 45: Končni izdelek – Kaplanova turbina

(Vir: lasten)

12 DISKUSIJA

Kljub temu, da nismo popolnoma dosegli našega cilja in pričakovanj si mislim, da je ta raziskovalna naloga uspela. Spoznali smo veliko novih snovi, konceptov in teorij, ki jih sicer ne bi. Naučili smo se toliko, da smo lahko na podlagi te snovi zmodelirali in 3D natisnili 3 različne turbine, ki so pod idealnimi pogoji proizvedle dovolj električne napetosti za napajanje manjših porabnikov (da bi se porabnik napolnil bi potrebovali veliko časa). Turbine se sicer niso vrtele v reki, a če bi lopatice turbin razširili in povečali bi se turbine začele vrteti tudi ob manjših in počasnejših rekah. Naši rezultati so bili sicer zadovoljivi, a če bi že v začetku raziskovalne naloge upoštevali velik pritisk, ki ga potrebujejo takšne majhne turbine za učinkovito delovanje, bi lahko turbine že zmodelirali drugače in tako bi povečali možnost za delovanje teh turbin v rekah. Najboljše od naših turbin se je vrtela Francisova turbina, ki je proizvedla napetost do 0,6 V. Ta turbina je bila sicer nepopolna, saj nismo mogli natisniti oz. narediti sistema, ki uravnana pritisk turbine saj bi za izdelavo potrebovali preveč denarja (prekoračili bi našo omejitev 20 €), 3D printer pa ne more skopirati tako zapletenega sistema.



Graf 6: Primerjava napetosti na vseh turbinah

(Vir: lasten)

13 ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi smo ugotovili, da ni tako lahko narediti turbine, ki bi nam dejansko lahko dala željene rezultate. Najbolje se je vrtela Peltonova turbina in z izboljšavami le-te bomo lahko dosegli cilje. Francisova turbina bi delovala, če bi bila večja. Na splošno je bila težava v velikosti, vendar to ne pomeni, da bomo turbino povečali za 15 cm. Povečali bomo lopatice, dolžina bo ostala ista, turbino pa bomo povečali po širini. Zakaj nam to ni uspelo? Zmanjkalo nam je časa, vendar se tukaj ne ustavljamo. Za naslednje raziskovanje že imamo ideje, kako spraviti ugodno turbino na trg po razumni ceni. Naredili bomo turbino, tako da bomo prvine vseh treh turbin združili v eno in tako dobili malo prenosno in zanesljivo turbino.

14 ZAHVALA

Najprej bi se radi zahvalili mentorjema, prof. Sašu Gnilšku in Petru Vrčkovniku, dipl. inž. elektrotehnike, ki sta nas spodbujala ne glede na težave, ki so se pojavile tekom raziskovalne naloge. Posebna zahvala velja Davidu Bejeku, ki nam je pomagal pri 3D-modeliranju in nam dal nekaj napotkov. Zahvala tudi Urški Turinek, prof. slov, ki nam je lektorirala raziskovalno nalogo. Na koncu pa bi se radi zahvalili tudi staršem, ki nas finančno in moralno podpirajo ter spodbujajo našo vedoželjnost.

15 VIRI

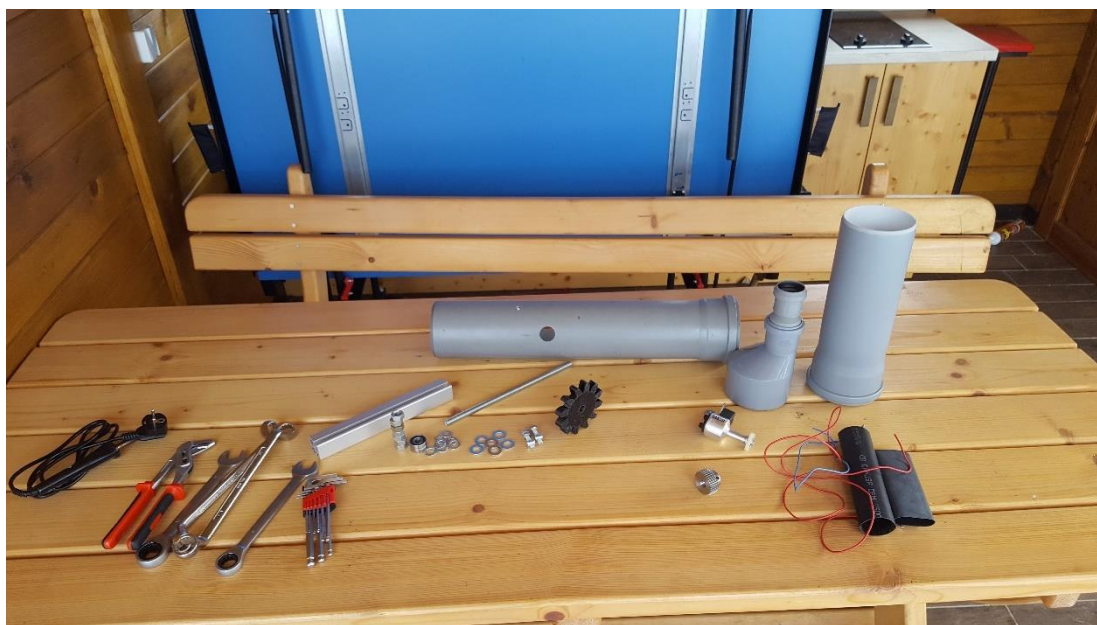
1. Elektroenergetski sistemi (Alojz Razplet)
2. Proizvodnja električne energije (Robert Rožman)
3. Energetski pretvorniki 1 (Bogoljub Orel)
4. Wikipedia <https://sl.wikipedia.org/wiki/Dinamo>
5. <https://www.google.si/search?q=korozija&oq=korozija&aqs=chrome..69i57j69i60l3j0l2.2353j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
6. <https://svet-el.si/literatura/elektronika-za-zacetnike/osnove-spajkanja/>
7. <https://sl.wikipedia.org/wiki/Vrtanje>
8. <https://sl.wikipedia.org/wiki/Navoj>
9. Elektrarne (Ivan Špolar)
10. Elektrotehnika (Milan Kenda, Baldomir Zajc)
11. Osnove električnih strojev (Peter Jereb)
12. Osnove elektrotehnike (Zdravko Žalar)
13. Energetika (Jurij Drev, Jelka Onuk)

16 PRILOGA

V prilogi bomo natančno razložili postopek izdelave turbin.

16.1 POSTOPEK IZDELAVE PELTONOVE TURBINE

Najprej smo kupili vse potrebne stvari. Po nakupu smo izračunali, koliko denarja smo porabili in ugotovili smo, da je bila vrednost nakupa malo manj kot 13 evrov, saj smo želeli porabiti stvari, ki smo jih imeli doma in s tem biti bolj ekonomični. Najprej smo v strojnem remontu naredili dve luknji za ležaja. To smo naredili z vrtnim strojem. Pri tem nam je pomagal prof. Sajtl. Nato je sledila vstavitev ležajev. Pomagali smo si s kladivom in lesom, kajti ležaja je bilo težko vstaviti v luknji. Za tem smo vstavili navojno palico in matice na njej. Pri tem smo izgubili veliko časa, kajti matice, podložke in turbino smo morali vstaviti od znotraj in to delo nam je vzelo veliko truda in časa. Nato smo turbino nastavili na sredino in zategnili matice. Sledila je namestitev zobnika. Zobnik smo pritrdili z matico. Za tem smo naredili ogrodje za dinamo motor. Nosilec smo pritrdili na cev. Na nosilec smo pritrdili z imbus ključem še dinamo, tako da je bila turbina trdna. Nato smo priključne sponke, ki smo jih izdelali pri pouku praktičnega usposabljanja, prilotali na dinamo . Sledilo je zavarovanje dinama proti vodi. To smo storili s pomočjo požirk . Požirko smo stopili s pomočjo ročnega grelca in tako je bil dinamo odporen proti vodi . Na koncu je sledila vstavitev reducirnega ventila, s katerim smo preusmerili in povečali pritisk na lopatice . Tako je bila Peltonova turbina končana.



Slika 46: Potrebne stvari za Peltonovo turbino

(Vir: lasten)



Slika 47: Vrtanje lukenj za ležaj

(Vir: lasten)



Slika 48: Vstavitev ležajev

(Vir: lasten)



Slika 49: Vstavitev turbine v cev

(Vir: lasten)



Slika 50: Privijačenje vijakov
(Vir: lasten)

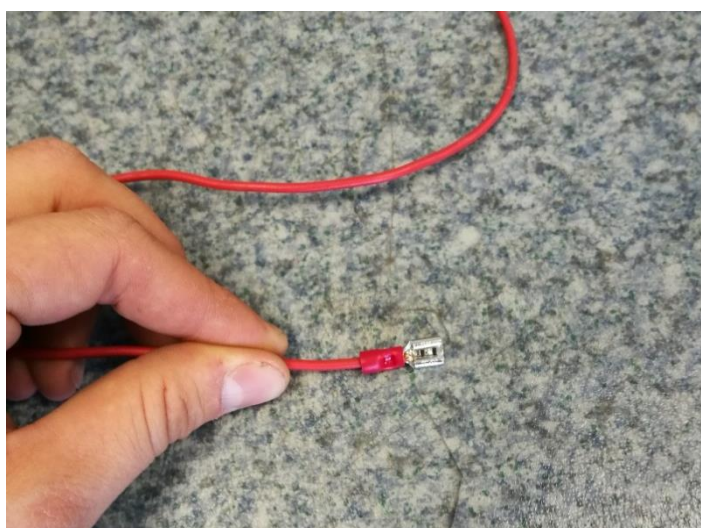


Slika 51: Zobnik Peltonove turbine
(Vir: lasten)



Slika 52: Montaža nosilca z dinamom

(Vir: lasten)



Slika 53: Priključne sponke za Peltonovo turbino

(Vir: lasten)



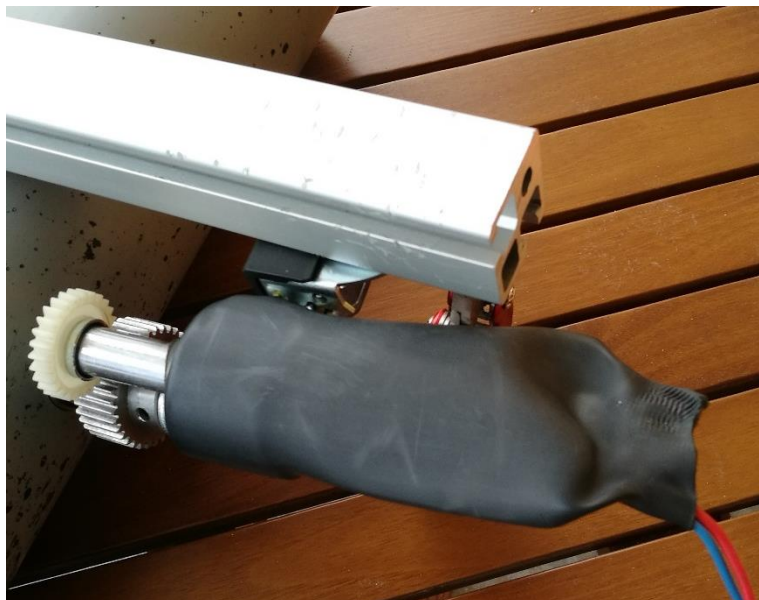
Slika 54: Priključne sponke na dinamu Peltonove turbine

(Vir: lasten)



Slika 55: Požirka

(Vir: lasten)



Slika 56: Stopljena požirka

(Vir: lasten)



Slika 57: Reducirni ventil

(Vir: lasten)

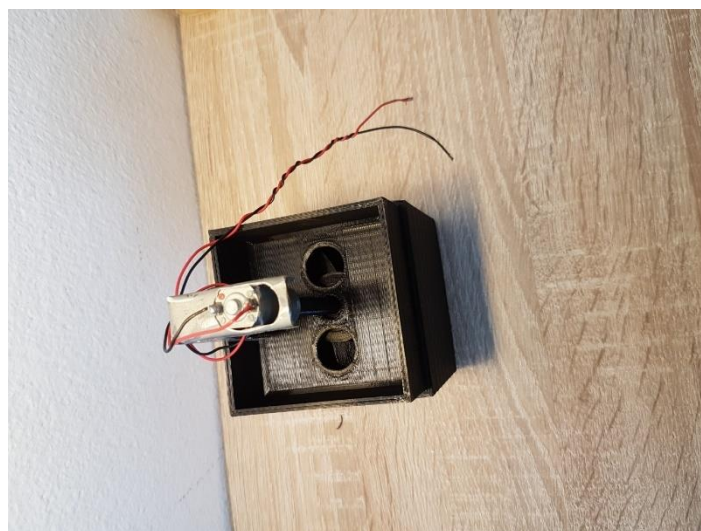


Slika 58:Končni izdelek Peltonova turbina

(Vir: lasten)

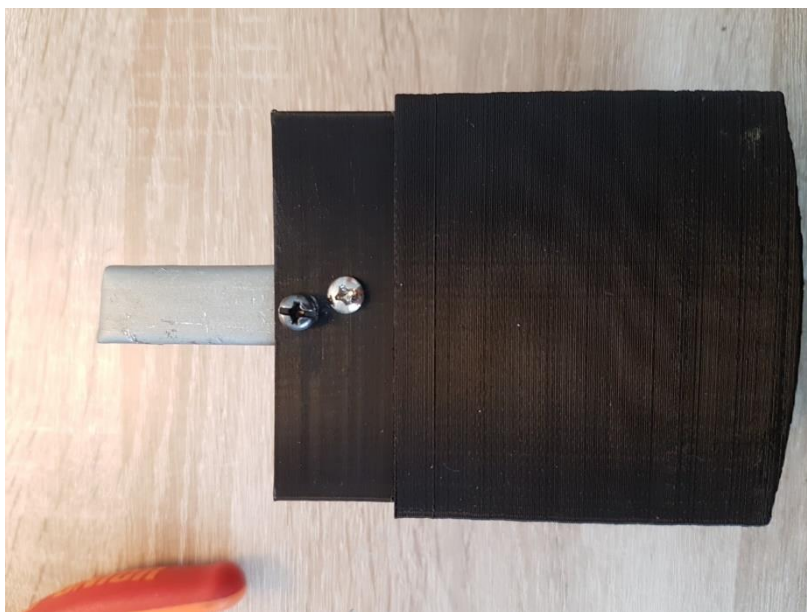
16.2 POSTOPEK IZDELAVE KAPLANOVE TURBINE

Vse stvari, ki smo jih potrebovali za izdelavo, smo našli doma (generator, nosilec in vodnika), razen turbine in ohišja, ki so bili 3D natisnjeni v 3D-tiskalniku. Najprej smo dali turbino v ohišje in ga zaprli z gornjim delom ohišja. Nato smo v os turbine zvrtili luknjo s pomočjo svedra in vrtnega stroja. Izmerili smo, kako dolg nosilec potrebujemo, da bo držal generator na mestu. Iz odpadne kovine, ki je bila v U-profilu, smo odrezali potrebno velikost. Nato smo si označili sredino nosilca ter vanj vrezali v obliki trikotnika, da smo ga nato lahko zaupgnili v kot 90° . Na spodnjem delu nosilca smo zvrtili luknje, prav tako na zgornjem ohišju ter ju skupaj privijačili z vijakom in matico. Generatorju smo prispajkali še dva vodnika. Na zgornjem delu nosilca smo izrezali obliko, kakršne je generator in ga nato dali skozi nosilec v os turbine. Nazadnje smo kabla previdno ovili okoli nosilca, da ne bi vodniki ovirali postopka meritve. In tako je bila Kaplanova turbina končana.



Slika 59: Končni izdelek

(Vir: lasten)



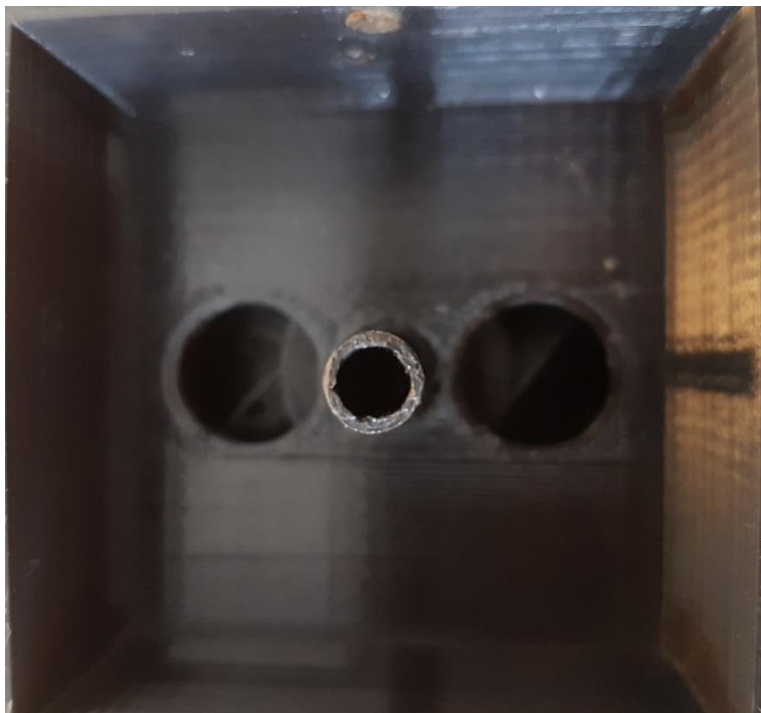
Slika 60: Pritrjen nosilec z vijaki

(Vir: lasten)



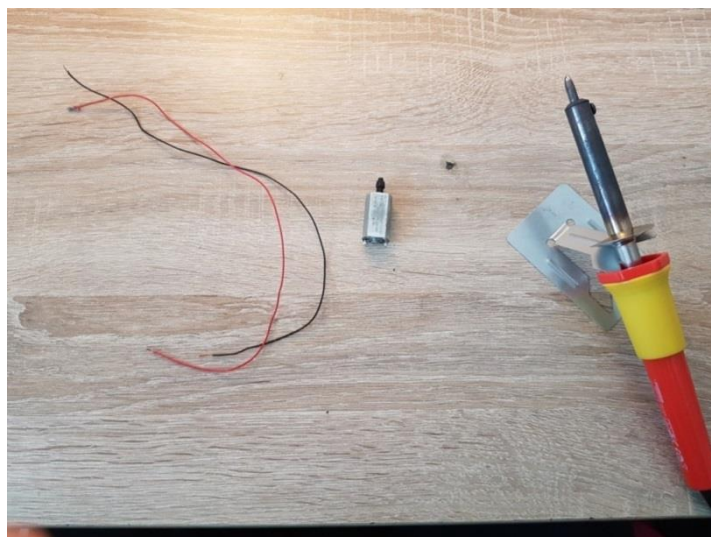
Slika 61: izdelan nosilec na generator

(Vir: lasten)



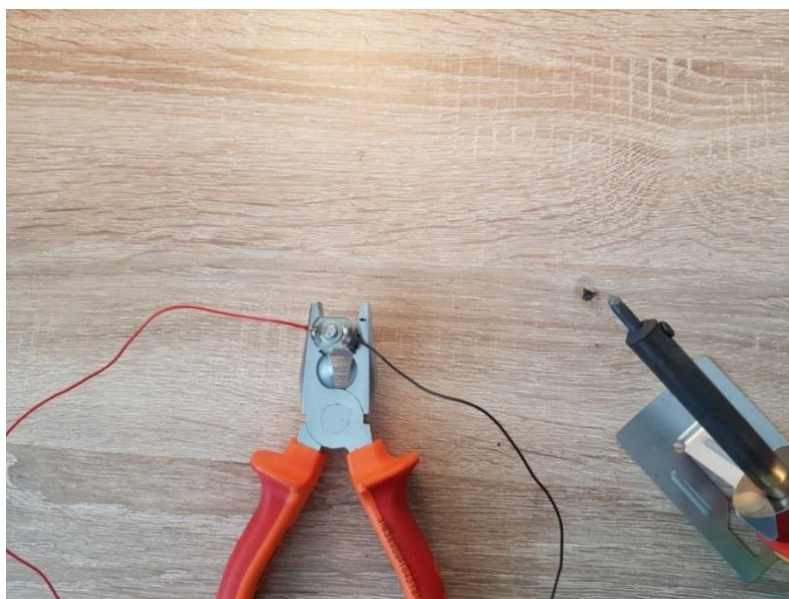
Slika 62: Izvrtana luknja v osi turbine

(Vir: lasten)



Slika 63: Priprava na spajkanje vodnikov na generator

(Vir: lasten)



Slika 64: Prispajkani vodniki na generator

(Vir: lasten)

16.3 POSTOPEK IZDELAVE FRANCISOVE TURBINE

Najprej smo morali narediti osnovo turbine. To smo s pomočjo strojnega tehnika naredili tako, da smo dve cevi privarili na okrogli del in skozi njiju izvrtali luknji. V ta okrogli del smo nato izvrtali še luknjo premera 28 mm in v to luknjo še manjšo luknjo premera 12 mm. V 3D natisnjeno turbino smo prav tako izvrtali luknjo premera 28 mm in še manjšo luknjo 12 mm. Ker je bil del turbine preveč odprt, smo se odločili, da bomo to rešili tako, da ga bomo prekrili s pleksi steklom, saj bomo tako imeli boljši pregled nad delovanjem turbine. V osnovo turbine, pleksi steklo in gumijasto podložko smo izvrtali štiri enake luknje na enakih mestih. Nato smo si vse dele pripravili na mizo in se lotili sestavljanja. Najprej smo v luknjo v osnovnem delu vstavili ležaj premera 28 mm, čezenj pa dali še plastičen pokrov, da voda ni mogla priti do ležaja. Nadalje smo vstavili os premera 12 mm v turbino in v luknjo na drugo stran turbine dali podložko premera 28 mm ter čeznjo matico in jo zategnili. Nato smo turbino vstavili v osnovni del, tako da je os šla čez luknjo v osnovnem delu. Na koncu smo odprti del osnovnega dela prekrili z gumijasto podložko, nato pa nanjo dali še pleksi steklo širine 2 mm. Skozi štiri luknje smo dali vijake ter jih zategnili z imbus ključem. S tem smo končali izdelavo turbine, a na os je bilo še vedno potrebno pritrditi dinamo. Na os smo nato dali še zobnik in ga pritrdili na dinamom, dinamom pa pritrdili na osnovni del.



Slika 65: Sestavni deli Francisove turbine
(Vir: lasten)



Slika 66: Nosilec Francisove turbine
(Vir: lasten)



Slika 67: Vzvod Francisove turbine

(Vir: lasten)



Slika 68: Francisova turbina z vzvodom

(Vir: lasten)



Slika 69: Francisova turbina z matico

(Vir: lasten)



Slika 70: Vstavitev Francisove turbine

(Vir: lasten)



Slika 71: Francisova turbina od spodaj

(Vir: lasten)



Slika 72: Končni izdelek Francisove turbine

(Vir: lasten)