

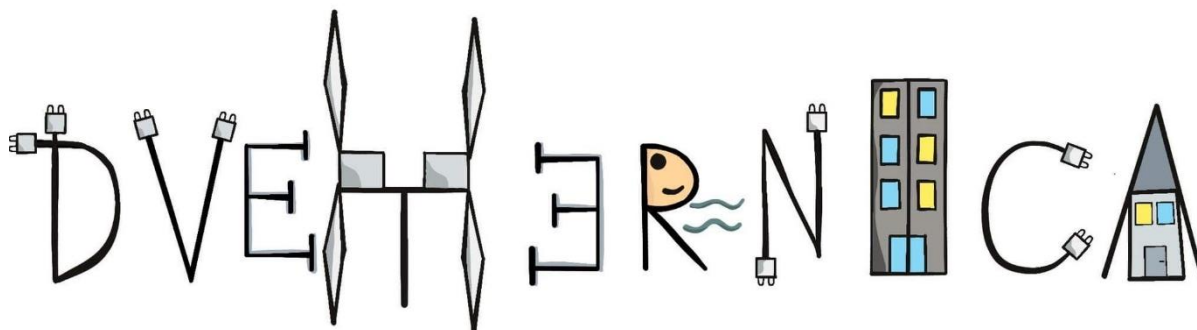


I. osnovna šola Celje  
Vrunčeva ulica 13  
3000 Celje

# Dveternica

Interdisciplinarno področje

RAZISKOVALNA NALOGA



Avtorji:  
Maša Žlavs  
Neja Vogelsang  
Brina Hus

Mentor:  
Žan Močivnik, prof. mat. in rač.

Celje, marec 2024

## **Povzetek**

Raziskovalna naloga sega v preteklo šolsko leto, ko smo v okviru programa FIRST Lego League raziskovali izzive povezane z energijo. Na podlagi raziskane teme smo ugotovili, da je poraba elektrike čedalje večja, in sicer zaradi osebnih naprav, električnih avtomobilov in nastopa umetne inteligence. V Sloveniji je glavni vir pridobivanja jedrska elektrarna, hidro elektrarne in termo elektrarna. Slednja v zrak izpusti tudi največ ogljičnega odtisa, ki je v zadnjem letu postal velik problem. Odločili smo se, da bomo raziskali zelene vire energije – vetrna elektrarna. Želeli smo narediti nadgradnjo obstoječe vetrnice, ki bi proizvedla več električne energije in bi jo lažje umestili v omrežni sistem.

**Ključne besede:** vetrna elektrarna, energetika, elektrika, vodikove celice, Betzov zakon

## **Kazalo vsebine**

1	Uvod .....	1
1.1	Opis raziskovalnega problema .....	1
1.2	Raziskovalno vprašanje .....	1
1.3	Raziskovalne metode.....	2
1.4	Orodja in pripomočki.....	2
2	Teoretični del.....	4
2.1	Zakaj raziskovalna naloga spada v interdisciplinarno področje? .....	4
2.2	Načini za pridobivanje električne energije .....	5
2.3	Kako pomembna je zelena energija za Slovenijo? .....	7
2.4	Kakšen vpliv imajo vetrnice na okolje? .....	7
2.5	Zakaj v Sloveniji vetrnic ni? .....	10
3	Osrednji del .....	12
3.1	Začetek raziskovanja in iskanje problema.....	12
3.2	Prvotne ideje .....	13
3.3	Raziskava .....	15
3.3.1	Izvedba poskusa .....	16
3.3.2	Betzlov zakon.....	18
3.3.3	Statika vetrnic.....	19
3.3.4	Kombiniranje virov energije .....	19
3.3.5	Izvedba drugega poskusa .....	21
3.3.6	Prilagoditev moči generatorjev .....	24
3.3.7	Strokovnjaki, s katerimi smo se pogovarjali v razvoju začetne rešitve .....	24
3.3.8	Strokovnjaki, s katerimi smo rešitev delili.....	25
3.3.9	Inženirski dnevnik.....	26
3.4	Končna rešitev .....	28
3.5	Cena rešitve .....	30
3.5.1	Izračun izkoristka Dveternice .....	32
3.5.2	Delitev končne rešitve .....	36
4	Sklepne ugotovitve .....	38
5	Zaključek.....	39
	Viri in literatura .....	40
	Priloge.....	41

## **Kazalo slik**

Slika 1: Primer Brainstorminga – možganske nevihte .....	2
Slika 2: Zasnova raziskovalne naloge v programu xMinde .....	3
Slika 3: Hidro elektrarna Nova Gorica .....	5
Slika 4: Termo elektrarna Šoštanj.....	5
Slika 5: Jedrska elektrarna Krško .....	5
Slika 6: Vetrnica Dolenja vas.....	5
Slika 7: Sončne elektrarne .....	5
Slika 8: Elektrarna na plimovanje Sihwa.....	6
Slika 9: Geotermalna elektrarna.....	6
Slika 10: Proizvodnja biomase .....	6
Slika 11: Vpliv vetrnic na okolje.....	8
Slika 12: Ogljični odtis Avstralije po regijah.....	8
Slika 13: Ogljični odtis Avstralije kot države .....	8
Slika 14: Ogljični odtis na Švedskem.....	9
Slika 15: Članek o kaznih zaradi nedoseganja zahtevane količine elektrike proizvedene z obnovljivimi viri v EU.....	10
Slika 16: Moč vetra v Sloveniji .....	10
Slika 17: Ogljični odtis v Sloveniji.....	12
Slika 18: Ogljična slika Portugalske.....	12
Slika 19: Problemi s statiko pri vetrnicah .....	13
Slika 20: Prva skica ideje.....	13
Slika 21: Prikaz delov Dveternice.....	14
Slika 22: Prerez glave vetrnice.....	14
Slika 23: Model začetne rešitve.....	15
Slika 24: Problem omrežja v Sloveniji.....	15
Slika 25: Delovanje turbin.....	16
Slika 26: Postavitve turbin pri izvedbi prvega poskusa .....	16
Slika 27: Energija vetra na eni sami turbini .....	17
Slika 28: Poskus na dveh turbinah.....	17
Slika 29: Vpliv razdalje in zaporednih turbin.....	18
Slika 30: Oblika lopatic .....	18
Slika 31: Betzlov zakon pri vetrnicah.....	19
Slika 32: ideja kombiniranja virov energije v eno elektrarno .....	20
Slika 33: Prikaz elektrolize .....	20
Slika 34: Izvedba drugega poskusa s posamezno vetrnico.....	21
Slika 35: Graf poskusa s samostojno vetrnico .....	21
Slika 36: Izvedba drugega poskusa z dvema posameznima vetrnicama .....	22
Slika 37: Graf drugega poskusa z dvema posameznima vetrnicama.....	22
Slika 38: Graf poskusa z našo rešitvijo.....	23
Slika 39: Poskus z razširjeno zadnjo lopatico.....	23
Slika 40: Poskus posodobljene rešitve z razširjenimi lopaticami .....	23
Slika 41: Prilagoditev moči generatorjev.....	24
Slika 42: Obisk v DEM .....	25
Slika 43: Skica rešitve po pogovoru s strokovnjaki.....	28
Slika 44: Sestavni deli Dveternice po delitvi rešitve.....	29
Slika 45: Razdelitev cene pri vetrni turbini.....	30

Slika 46: Razlaga študenta elektrotehnike. ....	32
Slika 47: Formula za izračun energije vetra in končne pridobljene energije iz turbine. ....	33
Slika 48: Računanje skupne energije Dveternice.....	34
Slika 49: Delitev rešitve. ....	36

### ***Kazalo tabel***

Tabela 1: Vrste elektrarn. ....	6
Tabela 2: Primerjava Slovenije in Švedske glede na ogljični odtis. ....	9
Tabela 3: Tabela strokovnjakov na začetku raziskovanja.....	25
Tabela 4: Tabela strokovnjakov pri razvoju rešitve. ....	25
Tabela 5: Vodenje evidence sprememb in meritev – inženirski dnevnik.....	27
Tabela 6: Začetni cenik. ....	30
Tabela 7: Prenovljen cenik. ....	31
Tabela 8: Primerjava cene po moči turbine. ....	31
Tabela 9: Izračun ugodnega vetra za Dveternico. ....	35

# 1 Uvod

## 1.1 Opis raziskovalnega problema

V lanskem letu smo v okvirju projekta First Lego League preučevali problem energije. Ugotovili smo, da je v svetu čedalje večja potreba po električni energiji. K temu so pripomogle osebne elektronske naprave, električni avtomobili in razvoj umetne inteligence. Ker pa ni pomembno le pridobivanje energije, ampak tudi iz katerega vira jo pridobivamo, smo se odločili izbrani problem podrobneje raziskati.

Ugotovile smo, da Slovenija ne izkorišča celotnega potenciala vetrnih elektrarn, zato smo podrobneje raziskali problem le-teh. Predvsem smo želeli izvedeti prednosti in slabosti vetrnih elektrarn ter raziskati možnosti izboljšanja. Pri tem so nam pomagali razni strokovnjaki s področja energetike.

## 1.2 Raziskovalno vprašanje

V času raziskovanja smo pregledali ogromno literature, video posnetkov in novosti na področju energije. Pri tem smo ugotovili, da so za pridobitev električne energije in konstantno oskrbo potrebni različni viri energije. Podnevi je poraba energije večja, ponoči pa njeno proizvodnjo še ne znamo najbolje izkoristiti oz. porabiti. Ker sami strmimo k inovacijam, smo se odločili, da preučimo delovanje vetrnih elektrarn in izkoristimo njihov najboljši potencial.

Pri tem so nas vodila vprašanja:

- Zakaj imamo v Sloveniji malo vetrnih elektrarn?
- Kako čista je vetrna energija?
- Ali se da izboljšati delovanje vetrnic?
- Ali je možno združiti več elektrarn v eno?

Tako smo si postavili raziskovalno vprašanje:

***Ali lahko nadgradimo sistem vetrnih elektrarn tako, da bomo pridobili več energije in bodo sprejemljive za okolje?***

Naš sistem nadgradnje smo poimenovali Dveternica, ki je hudomušna izpeljanka iz besed: dve, veter in vetrnica.

### 1.3 Raziskovalne metode

Začetki raziskovanja so zelo pomembni. Ker pri tekmovanju FLL dobimo nekatere smernice, smo v začetku najprej pregledali polje za upravljanje robota, kjer se nekaj misij navezuje ravno na igrala in povezovanje igre z igrali. Za naše raziskovanje smo tako uporabili spodaj opisane metode.

Intervju – intervjuji so bili ključnega pomena za razvoj naše rešitve. Intervjuje smo opravljali na različne načine – osebno in preko elektronske pošte. Pri tem so nam pomagali strokovnjaki s področja jedrske energije, hidroenergije in vetrne energije.

Metoda možganske nevihte – je pripomogla k raziskovanju različnih problemov, kjer smo se nato osredotočili na iskanje lastne rešitve. S posameznimi informacijami in raziskovanji so se krepile nove ideje.

Sistematični pregled literature – je metoda, kjer sistematično preverimo raziskovalno področje in primerjamo ugotovitve.

Ekperimentalni del – pri tem smo postavili maketo naše rešitve in preverili njeno delovanje.

problem	rešitev	prednosti/slabosti	nadgradnje	Viri
Hidroelektrarne onesnažujejo okolje, spreminjanje toka vode, onemogočanje razmnoževanje rib in grejše vode	Uporaba prenovljenih mlinov, ki so še ostali kot zgodovinski ostanki			
Stiropor je drag, potrebujemo ga kar 20 cm, da dobro izoliramo hišo kar v stavbah, ki so pod spomeniškim varstvom ne gre.	Stiropor → nov material			
Veliko energije še ne uporabljamo, za proizvodnjo še energije	Ležeči policaj, ki ga avto potisne navzdol in tako proizvede elektriko.			<a href="https://www.youtube.com/watch?v=VD15-2Uryc">https://www.youtube.com/watch?v=VD15-2Uryc</a>
V Sloveniji morajo vetrnice ostaviti 600m visoko kar lahko stane ogromno denarja, zaradi česar jih v Sloveniji primanjkuje.	Dve vetrnici na eno stojalo			Pogovor z delavcem na GEN <a href="#">Koliko elektrike proizvede druga turbina</a> <a href="#">Predstavitve vetrnice</a>
Veliko ljudi hodi, se vozi z avti, in veliko energije uporabljamo pa se sploh ne zavedemo ne dobimo je pa nazaj	Pločniki s sistemom, ki proizvaja elektriko ko hodimo			<a href="https://www.youtube.com/watch?v=VD15-2Uryc">https://www.youtube.com/watch?v=VD15-2Uryc</a>

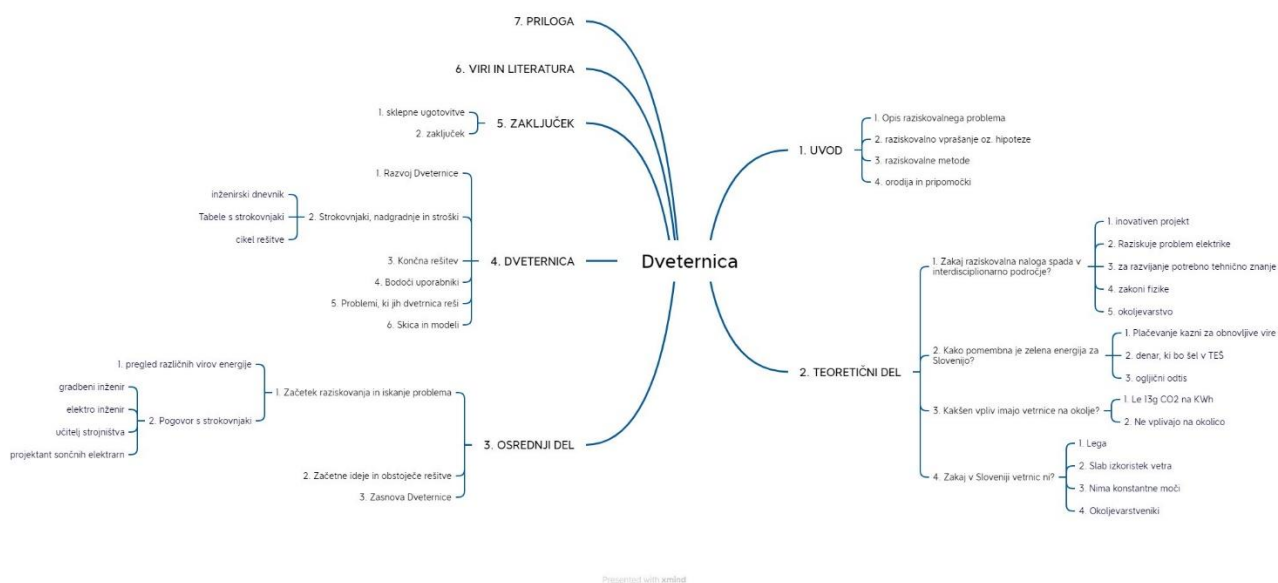
Slika 1: Primer Brainstorminga – možganske nevihte.

### 1.4 Orodja in pripomočki

V letošnjem letu smo za uspešno izpeljavo raziskovalne naloge uporabili sledeča orodja:

- Oblačni storitvi Google Drive in Microsoft OneDrive, v katerih smo varno shranili vse naše dokumente. Googlov oblak je predvsem uporaben pri povezovanju pametnih naprav in sinhronizaciji slikovnega materiala, Microsoftov oblak pa za ustvarjanje dokumentov v okolju Office 365, v katerem smo pisali raziskovalno nalogo.
- Facebook Messenger je del okolja Facebook, podjetja Meta. Omogočal nam je enostavno komunikacijo in delitev idej. Pri tem smo si na enostaven način izmenjavali datoteke, povezave in se dogovarjali za potek raziskovanja.

- xMinde je program za izdelovanje digitalnih miselnih vzorcev oz. tako imenovan mindemaping. Omogoča vizualni način organiziranja idej in informacij v obliki miselnih vzorcev, ki pomaga pri načrtovanju, raziskovanju, izobraževanju in drugih dejavnostih.
- Office 365 je okolje za urejanje dokumentov, ki ga je razvilo podjetje Microsoft. Paket vsebuje urejevalnik besedil, planer, izdelavo elektronskih prosojnic, hrambo dokumentov in še kaj. Pripomoček smo uporabili za pisanje raziskovalne naloge in odlaganje dokumentov.
- Wordpress je spletno okolje, v katerem imamo postavljeno spletno stran in opisan naš sedanji in nekaj preteklih projektov.
- Concepts Program smo uporabili za risanje skic dveternice.
- LEGO Education set smo uporabili za testiranje in meritve kapacitete dveternice.



Slika 2: Zasnova raziskovalne naloge v programu xMinde.



## 2 Teoretični del

### 2.1 Zakaj raziskovalna naloga spada v interdisciplinarno področje?

Projekt "Dveternica" predstavlja multidisciplinarni pristop, ki zahteva poglobljeno razumevanje in združevanje znanj različnih strokovnih disciplin. V okviru raziskovalno-razvojnega procesa smo se posvetovali z veliko strokovnjaki na področju energetike in gradbeništva, ki so nam pomagali pri razumevanju delovanja elektrarne in drugih področji, ki jih moramo upoštevati.

Naše raziskovanje je bilo usmerjeno v implementacijo inovativne rešitve v segmentu elektrarn, s ciljem ustvariti povečano proizvodnjo električne energije in preoblikovanje le-te v druge vire ali skladiščenje. Naš koncept je vključeval razvoj celostnega sistema za optimizacijo izrabe energije. Projekt se umešča v okvir aplikativnih inovacij, kjer smo našo konceptualno zasnovo podvrgli empiričnim preizkušnjam in analitičnim ocenam.

V začetni fazi smo se soočili z izzivi, povezanimi s tehnično izvedljivostjo, zlasti z vidika statične nosilnosti dvojnega turbinskega sistema. V ta namen smo se posvetovali z gradbenimi inženirji in strokovnjaki za statiko, da bi pridobili vpogled v zahteve za temeljenje, kar je omogočilo ustrezno vključitev gradbeniške discipline.

Pri določanju kapacitete elektrarne smo bili pozorni na fizikalne zakonitosti interakcije med vetrom in turbinami in na to, kako te interakcije vplivajo na obnašanje vetra po prehodu skozi prvo turbino. To je zahtevalo dodatno raziskovanje, uporabo aplikacij in prilagoditev fizikalnih formul, kar je prispevalo k bogatitvi našega znanja o energijskih tokovih in fizikalnih principih, s čimer smo pokrili področje fizike.

Razvojni proces je prav tako terjal poglobljeno poznavanje elektrotehnike, vključno z razumevanjem različnih tipov elektrarn, obnavljanjem elektrarn in stroškovnih okvirjev. Ključno vlogo je odigralo znanje o delovanju vetrnih turbin, njihovih komponentah in pogostih težavah. Za proizvodnjo same elektrike smo morali raziskati tudi kapaciteto slovenskega omrežja in ugotoviti, ali je ta vetrnica za slovensko omrežje premočna.

V kontekstu vpliva na okolje smo naš projekt usmerili v raziskovanje učinkovitosti brez negativnega vpliva na ekosistem. Preučevanje emisij in vplivov različnih metod pridobivanja energije nas je pripeljalo do izbire vetrne energije kot okolju prijazne alternative. Integracija procesa elektrolize za proizvodnjo čistega vodika iz vode je dodatno povezala projekt s kemijo.

Za natančno izbiro materialov in konstrukcijo same Dveternice smo se dotaknili tudi tehničnega področja, ki je v primeru morebitne realizacije projekta izjemno pomembna.

S tem dokazujemo, da je interdisciplinarno področje za naš projekt najprimernejše. Razvoj vetrnic, še posebej takšnih z večjo kapaciteto, je kompleksen projekt. Za razvoj potrebuješ veliko več kot znanje o elektrotehniki, sodelovati moraš z načrtovalci projekta, prostorsko umestitvijo, okoljevarstveniki .... Ugotovili smo, da naš projekt pokriva vsaj sedem različnih področij, ki morajo uspešno sodelovati za izdelavo takšnega projekta.

## 2.2 Načini za pridobivanje električne energije

	<p><b>HIDROELEKTRIČNA ENERGIJA</b> Izkorišča potencialno energijo vode, ki se pretvarja v kinetično energijo padajoče vode. S to energijo voda obrača turbino in napaja generatorje.</p> <table border="1" data-bbox="603 421 1471 633"> <tbody> <tr> <td data-bbox="603 421 1023 633"> <p><b>Prednosti</b> Je obnovljiv vir z majhnimi emisijami, visoko učinkovitostjo in dolgo življenjsko dobo. Služi tudi nadzoru poplav in oskrbi s pitno vodo.</p> </td> <td data-bbox="1023 421 1471 633"> <p><b>Slabosti</b> Ima visoke stroške izgradnje in lahko slabo vpliva na ekosistem.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<p><b>Prednosti</b> Je obnovljiv vir z majhnimi emisijami, visoko učinkovitostjo in dolgo življenjsko dobo. Služi tudi nadzoru poplav in oskrbi s pitno vodo.</p>	<p><b>Slabosti</b> Ima visoke stroške izgradnje in lahko slabo vpliva na ekosistem.</p>
<p><b>Prednosti</b> Je obnovljiv vir z majhnimi emisijami, visoko učinkovitostjo in dolgo življenjsko dobo. Služi tudi nadzoru poplav in oskrbi s pitno vodo.</p>	<p><b>Slabosti</b> Ima visoke stroške izgradnje in lahko slabo vpliva na ekosistem.</p>		
	<p><b>TERMoeLEKTIČNA ENERGIJA</b> Za proizvodnjo energije zbira toploto. Tipično se uporablja za sežiganje fosilnih goriv, kot so nafta, premog ali zemeljski plin za ustvarjanje pare, ki poganja turbine.</p> <table border="1" data-bbox="603 779 1471 958"> <tbody> <tr> <td data-bbox="603 779 1023 958"> <p><b>Prednosti</b> Proizvaja električno energijo in toploto hkrati in ima visoko učinkovitost.</p> </td> <td data-bbox="1023 779 1471 958"> <p><b>Slabosti</b> Visoka emisija toplogrednih plinov pripomore k podnebnim spremembam. Ne uporabljajo obnovljivih virov.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<p><b>Prednosti</b> Proizvaja električno energijo in toploto hkrati in ima visoko učinkovitost.</p>	<p><b>Slabosti</b> Visoka emisija toplogrednih plinov pripomore k podnebnim spremembam. Ne uporabljajo obnovljivih virov.</p>
<p><b>Prednosti</b> Proizvaja električno energijo in toploto hkrati in ima visoko učinkovitost.</p>	<p><b>Slabosti</b> Visoka emisija toplogrednih plinov pripomore k podnebnim spremembam. Ne uporabljajo obnovljivih virov.</p>		
	<p><b>JEDRSKA ENERGIJA</b> Energijo pridobiva s cepitvijo jedrskih jeder, kar sprošča ogromno toplote, ki jo uporabijo za segrevanje vode. Z vodnimi hlapi poganjajo turbine, s čimer proizvajajo energijo.</p> <table border="1" data-bbox="603 1104 1471 1283"> <tbody> <tr> <td data-bbox="603 1104 1023 1283"> <p><b>Prednosti</b> Proizvede veliko energije, je stabilen vir energije, izredno male emisije toplogrednih plinov.</p> </td> <td data-bbox="1023 1104 1471 1283"> <p><b>Slabosti</b> Veliko tveganje za nesreče in proizvodnja radioaktivnih odpadkov, ki so lahko za nas škodljivi.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<p><b>Prednosti</b> Proizvede veliko energije, je stabilen vir energije, izredno male emisije toplogrednih plinov.</p>	<p><b>Slabosti</b> Veliko tveganje za nesreče in proizvodnja radioaktivnih odpadkov, ki so lahko za nas škodljivi.</p>
<p><b>Prednosti</b> Proizvede veliko energije, je stabilen vir energije, izredno male emisije toplogrednih plinov.</p>	<p><b>Slabosti</b> Veliko tveganje za nesreče in proizvodnja radioaktivnih odpadkov, ki so lahko za nas škodljivi.</p>		
	<p><b>VETRNA ENERGIJA</b> Za proizvodnjo energije uporabljajo kinetično energijo vetra, ki poganja turbine, ki se zaradi sile vetra vrtijo in energijo prenašajo v generatorje.</p> <table border="1" data-bbox="603 1395 1471 1608"> <tbody> <tr> <td data-bbox="603 1395 1023 1608"> <p><b>Prednosti</b> Ima nizke emisije in za okolje okoli sebe ni škodljiva, operativni stroški po vzpostavitvi so nizki.</p> </td> <td data-bbox="1023 1395 1471 1608"> <p><b>Slabosti</b> Nestabilen vir energije zaradi odvisnosti od vremenskih razmer ter predvsem hitrosti vetra. Ne proizvede veliko energije in lahko predstavlja velik strošek.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<p><b>Prednosti</b> Ima nizke emisije in za okolje okoli sebe ni škodljiva, operativni stroški po vzpostavitvi so nizki.</p>	<p><b>Slabosti</b> Nestabilen vir energije zaradi odvisnosti od vremenskih razmer ter predvsem hitrosti vetra. Ne proizvede veliko energije in lahko predstavlja velik strošek.</p>
<p><b>Prednosti</b> Ima nizke emisije in za okolje okoli sebe ni škodljiva, operativni stroški po vzpostavitvi so nizki.</p>	<p><b>Slabosti</b> Nestabilen vir energije zaradi odvisnosti od vremenskih razmer ter predvsem hitrosti vetra. Ne proizvede veliko energije in lahko predstavlja velik strošek.</p>		
	<p><b>SONČNA ENERGIJA</b> Fotovoltaične celice pretvarjajo sončno svetlobo v energijo, tako da fotonska energija iz sončne svetlobe sprošča elektrone v polprevodniških materialih, kar ustvarja tok elektrona.</p> <table border="1" data-bbox="603 1753 1471 1926"> <tbody> <tr> <td data-bbox="603 1753 1023 1926"> <p><b>Prednosti</b> Ima nizke emisije in deluje tiho, omogoča tudi decentralizirano proizvodnjo energije (možno jo je imeti doma).</p> </td> <td data-bbox="1023 1753 1471 1926"> <p><b>Slabost</b> Je odvisna od vremenskih razmer in ima zaradi tega potrebo po skladiščenju energije, je pa tudi draga za namestitev in popravilo.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<p><b>Prednosti</b> Ima nizke emisije in deluje tiho, omogoča tudi decentralizirano proizvodnjo energije (možno jo je imeti doma).</p>	<p><b>Slabost</b> Je odvisna od vremenskih razmer in ima zaradi tega potrebo po skladiščenju energije, je pa tudi draga za namestitev in popravilo.</p>
<p><b>Prednosti</b> Ima nizke emisije in deluje tiho, omogoča tudi decentralizirano proizvodnjo energije (možno jo je imeti doma).</p>	<p><b>Slabost</b> Je odvisna od vremenskih razmer in ima zaradi tega potrebo po skladiščenju energije, je pa tudi draga za namestitev in popravilo.</p>		

	<p><b>PLIMOVANJE IN OSEKA</b> Turbine nameščene na dnu morja izkoriščajo gibanje morja ob plimovanju in oseki za proizvodnjo energije.</p>	
<p>Slika 8: Elektrarna na plimovanje Sihwa.</p>	<p><b>Prednosti</b> Je predvidljiv vir energije z nizkimi emisijami.</p>	<p><b>Slabosti</b> Vpliva na morski ekosistem in ima zaradi svojega položaja visoke stroške obnavljanja.</p>
	<p><b>GEOTERMALNA ENERGIJA</b> Za proizvodnjo toplote uporabi geotermalne vrele, ki izkoristijo energijo iz notranjosti zemlje, s katero segrejejo vodo. Z vodnimi hlapi, ki nastanejo, poganjajo turbine.</p>	
<p>Slika 9: Geotermalna elektrarna.</p>	<p><b>Prednosti</b> Omogoča stalno dobavo energije in je obnovljiv vir z nizkimi emisijami.</p>	<p><b>Slabosti</b> Lokacije z geotermalno energijo so omejene, možno je izčrpanje virov vroče vode.</p>
	<p><b>BIOMASA</b> Za proizvodnjo toplote ali biogoriva, s katerim segreva vodo, sežiga organske materiale, kot so les, kmetijski ostanki in odpadki. Z vodno paro poganja turbine.</p>	
<p>Slika 10: Proizvodnja biomase.</p>	<p><b>Prednosti</b> Prispeva k odgovornemu ravnanju z energijo in je obnovljiv vir.</p>	<p><b>Slabosti</b> Za proizvodnjo potrebuje veliko površine, kar lahko škodi kmetijstvu. Ob sežiganju proizvaja toplogredne pline.</p>
<p><b>OCEANSKA TERMALNA ENERGIJA</b> Izkorišča temperaturne razlike v oceanu za proizvodnjo električne energije.</p>		
<p><b>Prednosti</b> Je potencialno stabilen in obnovljiv vir energije.</p> <p><b>Slabosti</b> Tehnologija je še v razvoju in ima visoke stroške vzpostavitve, lahko pa tudi negativno vpliva na morsko okolje.</p>		
<p><b>KINETIČNA ENERGIJA VALOVANJA</b> Izkorišča kinetično energijo valovanja za pogon turbin in proizvodnjo električne energije.</p>		
<p><b>Prednosti</b> Zaradi predvidljivosti gibanja valov je predvidljiv in obnovljiv vir energije, ki nima visokih emisij.</p> <p><b>Slabosti:</b> Tehnologija je še v razvoju in lahko negativno vpliva na morsko okolje.</p>		

Tabela 1: Vrste elektrarn.

## 2.3 Kako pomembna je zelena energija za Slovenijo?

Slovenija ima v zraku intenzivnost ogljika  $257 \frac{gCO_2eq}{kWh}$ , kar je 150 % nad priporočeno mejo. Glavni povzročitelj tega je Termoelektrarna Šoštanj (TEŠ), ki zastopa kar 91,61 % vseh emisij ogljikovega dioksida v Sloveniji. Z njo smo v preteklem letu (2023) proizvedli kar 24 % elektrike, ki je na voljo v Sloveniji. TEŠ v zrak spusti kar 1042 g ogljikovega dioksida na kWh proizvedene elektrike. Je zelo zanesljiv vir energije, vendar smo od nje preveč odvisni, še posebej zdaj, ko se potrebe po električni energiji povečujejo. Z njo smo v preteklem letu proizvedli več kot 300 GW elektrike.

V Sloveniji največ električne energije proizvedemo z jedrsko elektrarno (v preteklem letu 38,3 %), ki v okolje ne spušča emisij toplogrednih plinov. V letu 2023 je zastopala zgolj 0,72 % vseh emisij ogljikovega dioksida, vendar je izredno nevarna zaradi radioaktivnih odpadkov, ki jih proizvaja zaradi reakcij med elektroni. Zaradi visokih varnostnih zahtev je treba v njo investirati ogromno denarja, zaradi radioaktivnega sevanja je nevarna za ljudi v okolici, možno pa jo je celo zlorabiti za vojaške namene (Povzeto po Esvet: Jedrska energija).

Na drugem mestu so hidroelektrarne, s katerimi smo pridobili 31,1 % vse energije, ki je na voljo v Sloveniji. Je obnovljiv vir energije in zastopa le 1,2 % izpustov. V zrak spusti 11 g ogljikovega dioksida na kWh proizvedene elektrike. Spadajo med zanesljive vire energije, ampak so odvisne od količine padavin. Leta 2023, so imele v mesecu juniju, tako težave pri proizvodnji električne energije, saj ni bilo toliko padavin in je bilo zaznati upad rečnih pretokov. Nimajo emisij toplogrednih plinov, ampak vplivajo na rečni ekosistem s segrevanjem vode.


Vse statistične podatke smo pridobili iz aplikacije, ki v realnem času spremlja proizvodnjo elektrike in njenega vira in se imenuje: **Electricity maps: Slovenija: podatki za preteklih 12 mesecev;** (<https://app.electricitymaps.com/zone/SI>).

Če si želimo v Sloveniji doseči čistejši zrak, ki bo za naše življenje varen in nam ne bo škodoval, moramo TEŠ zamenjati z obnovljivim virom, ki bo zanesljiv in nam bo omogočil pridobivanje elektrike na konstanten način brez velikih emisij in vpliva na okolje.

## 2.4 Kakšen vpliv imajo vetrnice na okolje?

Za predstavbo si lahko pogledamo Francijo, ki ima trenutno 9 tisoč vetrnih elektrarn po celotni državi. Tako kot mi, tudi oni največ energije proizvedejo z jedrskimi in vodnimi elektrarnami, na tretjem mestu pa so vetrne. Za razliko od Slovenije za proizvodnjo električne energije fosilnih goriv skoraj da ne uporabljajo več, do leta 2050 pa nameravajo število vetrnic povečati na 20.000 in prenehati z uporabo fosilnih goriv za proizvodnjo električne energije. Z vetrnimi elektrarnami so proizvedli 10 % energije, ki je na voljo v Franciji. Tako so dosegli, da je intenzivnost ogljika v zraku tam zgolj 47 g, kar je petkrat manj kot v Sloveniji. Čeprav so veliko večja država z več potrebo po električni energiji, so lahko termoelektrarne zamenjali z vetrnimi in dosegli ogromno razliko v onesnaženosti zraka. Iz tega je razvidno, kako lahko vetrnice dobro vplivajo na okolje in nam pomagajo pri izboljšanju kakovosti zraka.

15. januar 2023 08:00

**0.03 %** of electricity available in  **Slovenia** comes from wind  
(690kW / 2.32GW)

utilizing **34.5 %** of installed capacity  
(690kW / 2.00MW)

representing **0 %** of emissions  
(145µt of CO<sub>2</sub>eq per minute / 9.80t of CO<sub>2</sub>eq per minute)

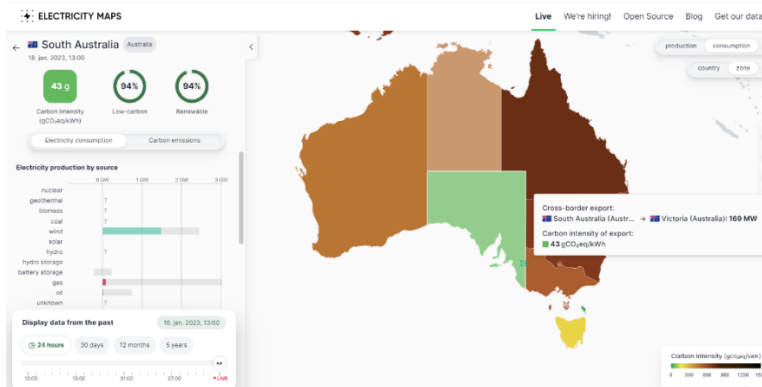
with a carbon intensity of  
**13 gCO<sub>2</sub>eq/kWh** (Source: UNECE 2022, WindEurope "Wind energy in Europe, 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026" Wind Europe Proceedings (2021))

Slika 11: Vpliv vetrnic na okolje.

Vetrna elektrarna ima tako zanemarljiv vpliv na okolje, da jo je možno postaviti tudi na kmetijske površine, pa pridelki ne bodo nič manj užitni. To pri jedrski ali termo elektrarni zaradi nastalih odpadkov ne bi bilo možno. Zaradi površine, ki jo te potrebujejo, to prav tako ne bi bilo možno s sončnimi.

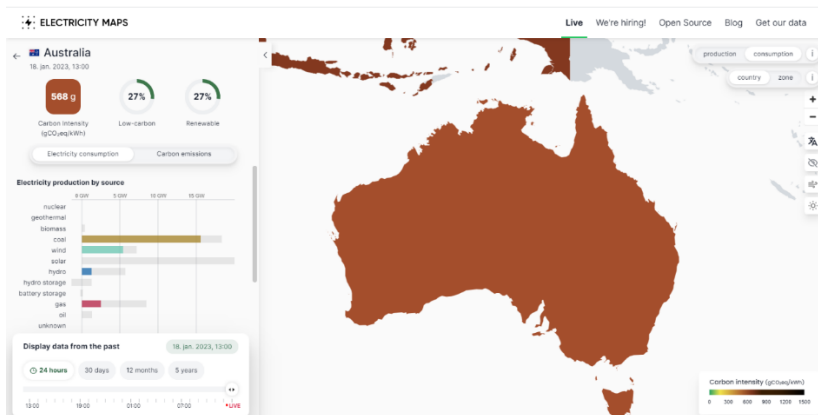
Vetrne elektrarne pa lahko povzročajo hrup in elektro magnetna sevanja, ki so minimalna. Težave z okoljem se da zmanjšati s primernim načrtovanjem in ustrezno lokacijo takšne elektrarne.

Vpliv vetrne elektrarne je viden na primeru Avstralije. Avstralija je država, ki se deli na 4 večje regije. Če na mapi, ki prikazuje ogljični odtis posameznih regij, pogledamo Avstralijo, opazimo, da so tri regije močno onesnažene, ena od njih pa ima odlično ogljično sliko.



Slika 12: Ogljični odtis Avstralije po regijah.

To je ravno regija, ki skoraj vso svojo energijo pridobi z vetrnimi elektrarnami. Njen ogljični odtis je praktično minimalen in zdrav za ljudi. Ker pa ostale regije za pridobivanje energije uporabljajo večinoma premog, Avstralija spada med bolj onesnažene države.



Slika 13: Ogljični odtis Avstralije kot države.

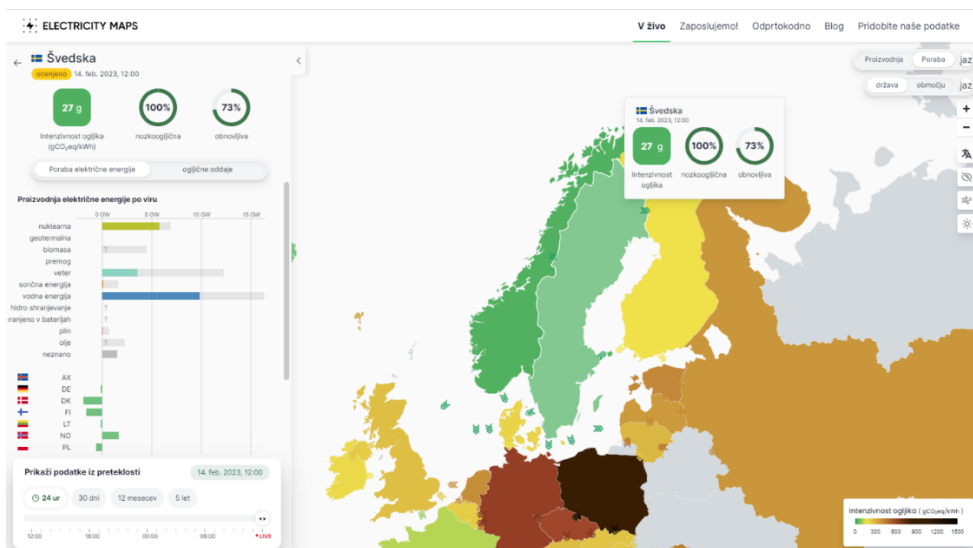
To je prikaz, kako dobro lahko na okolje vplivajo vetrnice, nasprotno pa na okolje in ogljični odtis slabo vplivajo neobnovljivi viri energije.

Slovenijo smo prav tako primerjali s Švedsko, ki je med najmanj onesnaženimi državami v Evropi.

	Hidro elektrarna	Sončna elektrarna	Vetrna elektrarna	Jedrski elektrarna	Termo elektrarna
<b>ŠVE</b>	23,34 %	0,1 %	42,56 %	27,86 %	0 %
<b>SLO</b>	7,95 %	5,49 %	0,03 %	30,15 %	13,3 %

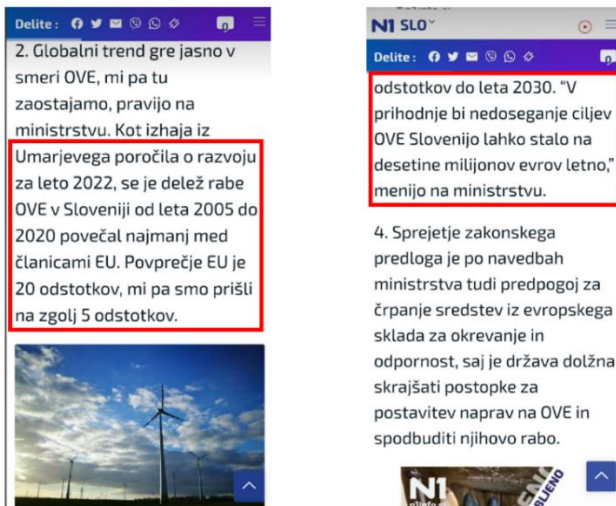
Tabela 2: Primerjava Slovenije in Švedske glede na ogljični odtis.

Edina razlika v proizvodnji elektrike je ta, da namesto s termo elektrarno večino energije proizvedejo z vetrnimi elektrarnami.



Slika 14: Ogljični odtis na Švedskem.

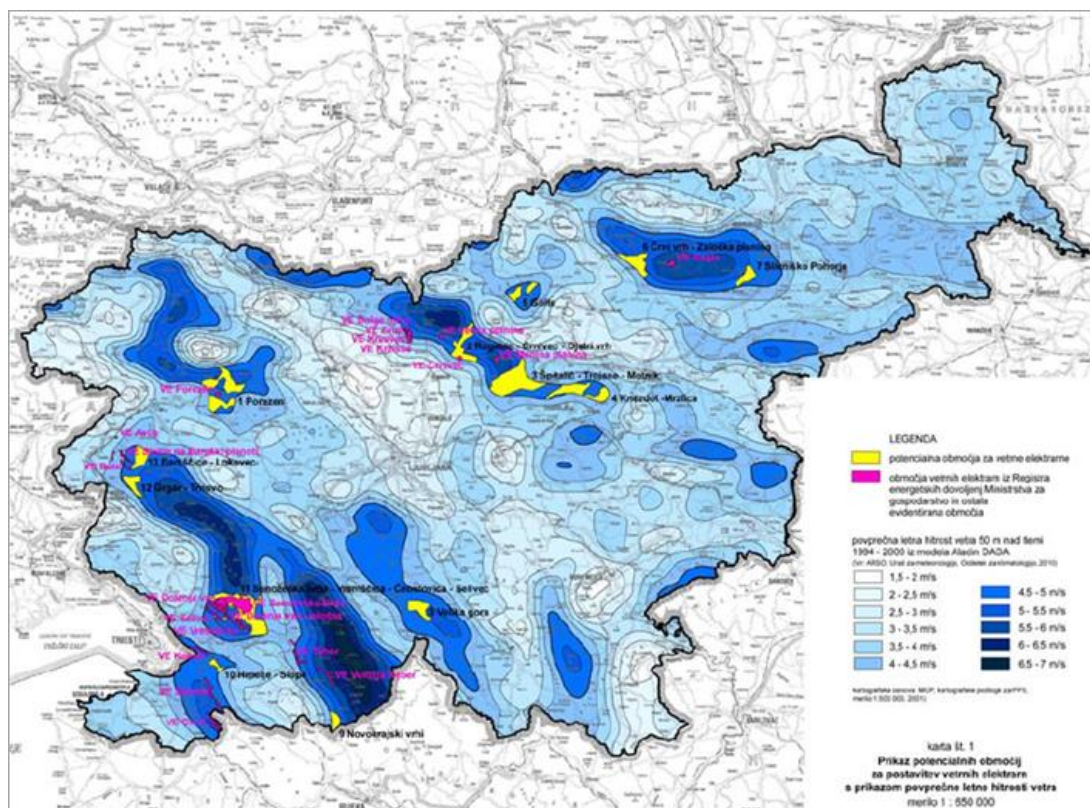
Proizvodnja energije z vetrnimi elektrarnami pa ne bi vplivala dobro zgolj na okolje in naše zdravje, ampak tudi na državni proračun. Vse države v EU morajo plačati določeno kazen v primeru, da ne dosežajo zahtevane količine elektrike proizvedene z obnovljivimi viri.



Slika 15: Članek o kaznih zaradi nedoseganja zahtevane količine elektrike proizvedene z obnovljivimi viri v EU.

## 2.5 Zakaj v Sloveniji vetrnic ni?

Vetrnice spadajo med precej drage elektrarne glede na svojo nizko kapaciteto. Ne proizvedejo toliko elektrike, da bi se investicija državi hitro povrnila. Za svoje delovanje potrebujejo popolne pogoje. V pogovoru z magistrom Rudijem Polnerjem, svetovalcem direktorja HSE invest smo izvedeli, da mora hitrost vetra znašati vsaj 4,5 m/s na višini 50 m nad tlemi. V Sloveniji so primerna območja za postavitev identificirana ob planoti Nanos in na Pohorju. Ob planoti Nanos je že postavljena vetrnica, ki pa je na Pohorju zaradi ohranjanja lepote pokrajine ne želijo postaviti.



Slika 16: Moč vetra v Sloveniji.

Od njega smo izvedeli tudi realno ceno vetrnice, ki je 3,5 milijona €. Da se postavitve vetrnic izplača, mora le-ta obratovati vsaj 2500 ur letno pri nazivni moči, to pomeni da mora biti dovolj »dobrega vetra« za obratovanje. Danes že izdelujejo tudi vetrnice moči več kot 15 MW po enoti, za Slovenijo pa so primerne v rangu 3 do 6 MW, oziroma glede na zadnje podatke proizvajalcev od 6 MW dalje. Izvedeli smo tudi, da ima vetrnica z močjo 3,6 MW ter višino stebra okoli 130 m letno proizvodnjo energije dobrih 10 GW ( $3,6 \text{ MW} \times 2800 \text{ ur} = 10080 \text{ MWh}$ ). Cena takšne vetrnice s temelji pa je približno 3,5 milijona €.

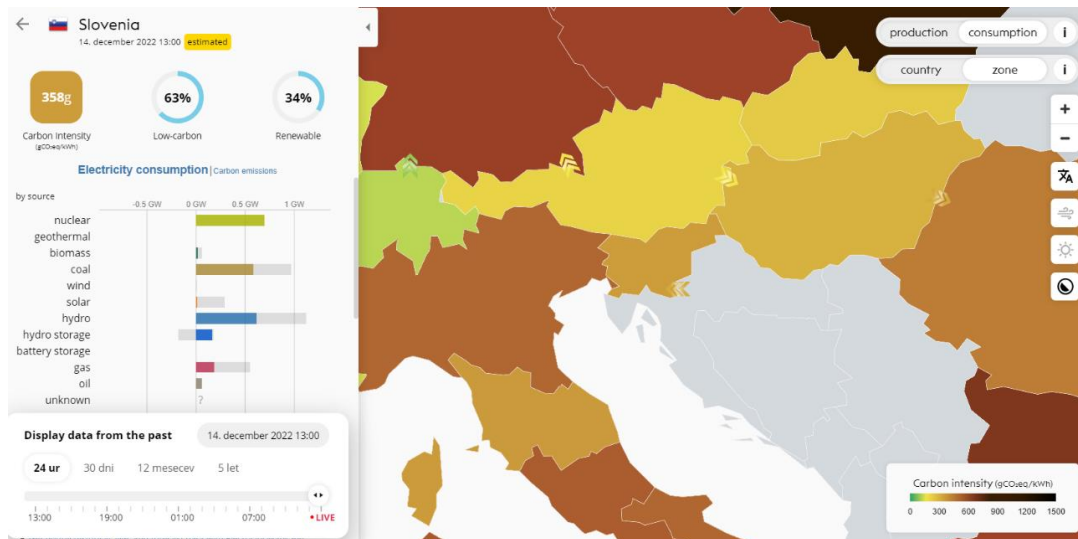


### 3 Osrednji del

#### 3.1 Začetek raziskovanja in iskanje problema

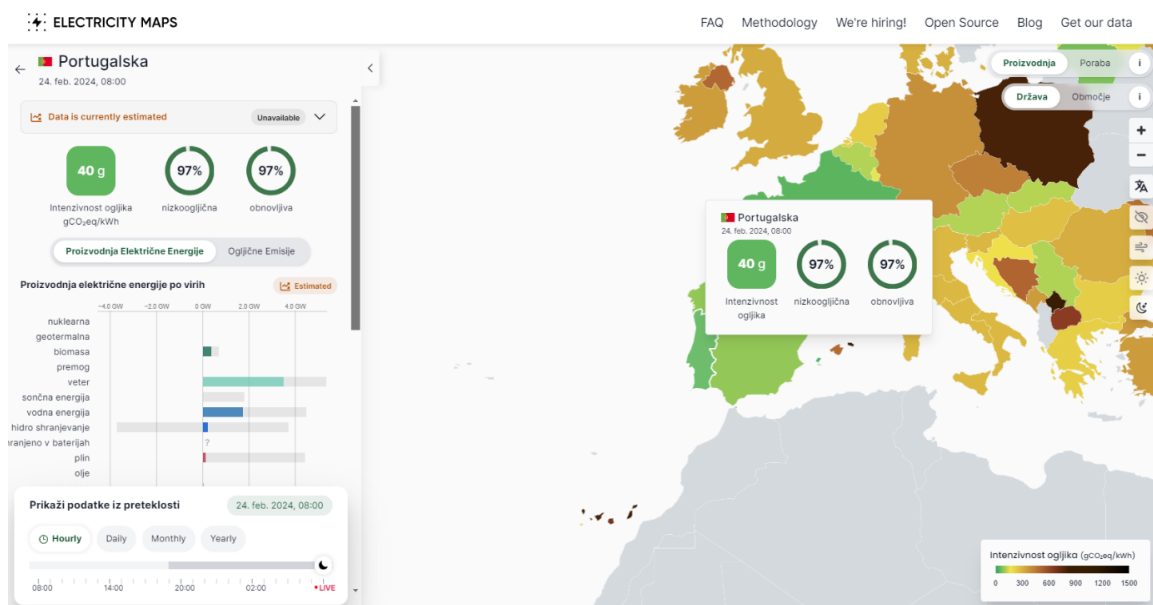
Raziskovanje smo začeli s pregledom različnih virov energije, da pa smo si lažje predstavljali delovanje posameznih virov energije, smo morali raziskati tudi delovanje posamezne elektrarne. Raziskali smo delovanje vetrne, hidro, jedrske in sončne elektrarne.

Med iskanjem problema smo naleteli na sliko ogljičnega odtisa v Sloveniji, ki je zaradi TEŠ kar 150 % večji od predpisane vrednosti. To je eden izmed vzrokov za slabšo kakovost življenja v državi.



Slika 17: Ogljični odtis v Sloveniji.

Ob raziskavi smo naredili primerjavo s Portugalsko, ki večinoma uporablja vetrne elektrarne in je na mapi prikazana z zeleno barvo. Pridobivanje elektrike iz obnovljivih zelenih virov zmanjša njeno ceno tudi za uporabnike elektrike.



Slika 18: Ogljična slika Portugalske.

V Sloveniji je malo območij primernih za postavitev vetrnih elektrarn. Gre za območja ob planoti Nanos in na Pohorju. Ker pa je teh območij zaradi zaselkov zelo malo, jih z vetrnimi elektrarnami premalo izkoristimo. Postavitev vetrnice stane 3,5 milijona € z vsemi temelji. Najdražji del je prav turbina. Vetrnice v povprečju dajo le 25 % izkoristek, kar pomeni, da večino časa stojijo. Večinoma so razvijali tehnologijo turbin in ne lopatic, katerih oblika vpliva na moč elektrarne.

Ker pa je prostora za vetrnice malo in tega premalo izkoriščamo ter z eno turbino in rotorjem proizvedemo le okoli 10 GW letno, zaradi svoje male proizvodnje tudi niso najbolj priljubljene.

Malo proizvajajo zaradi tega, ker so odvisne od vetra in delajo le takrat, ko veter močno piha, kar je le redko. Večino časa energije ni, ko pa je, pa je včasih potrebno turbino zaustavljati, ker elektrike ni možno shranjevati.

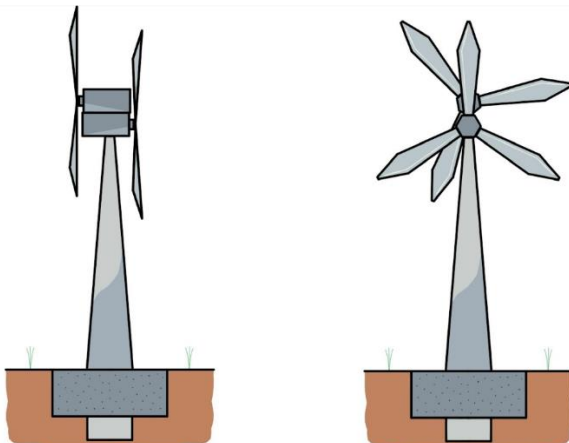
Problem so tudi statika, ki vetrnicam skrajšuje delovno dobo, in vetrni sunki, ki škodujejo materialu.



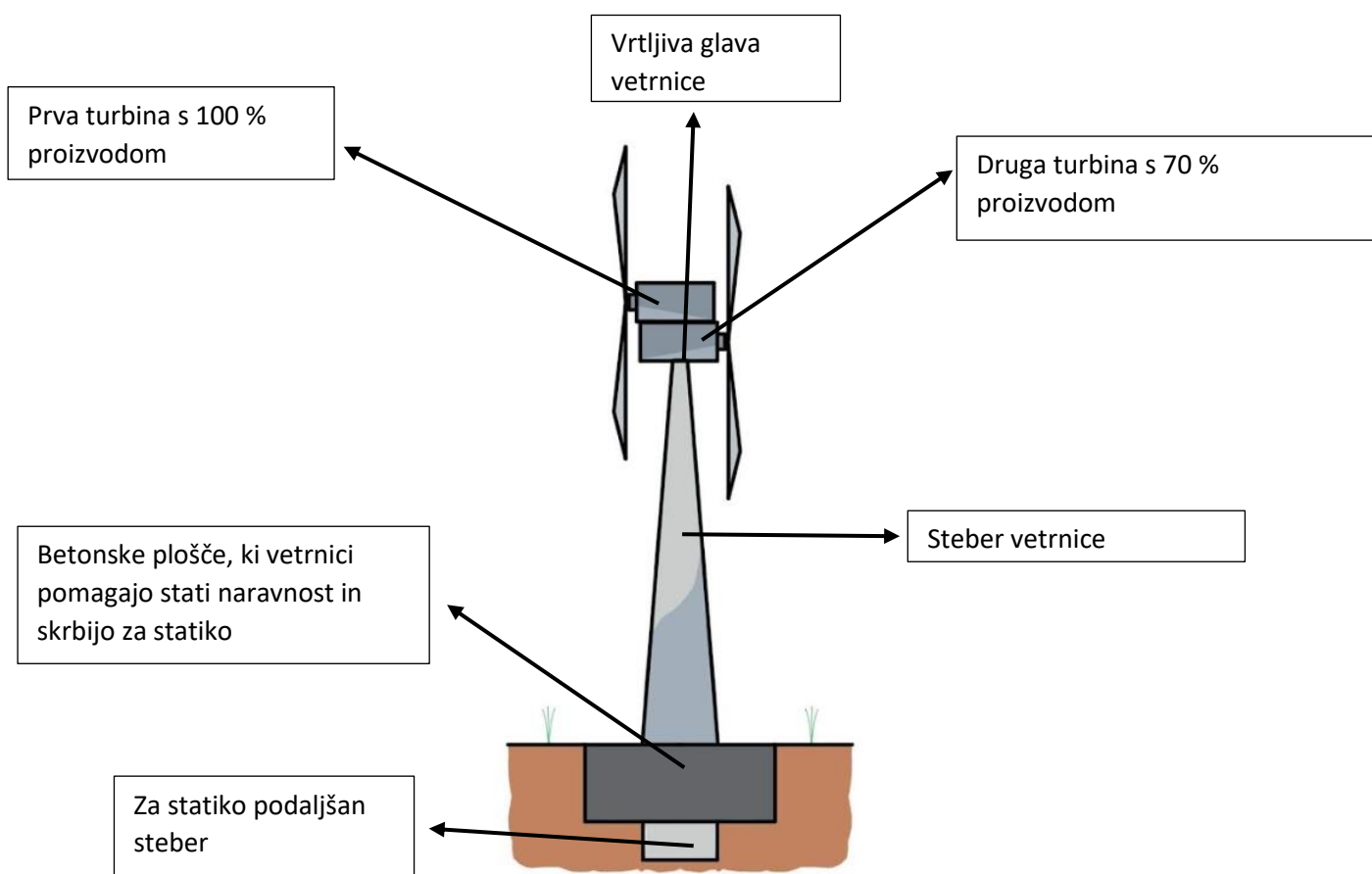
Slika 19: Problemi s statiko pri vetrnicah.

### 3.2 Prvotne ideje

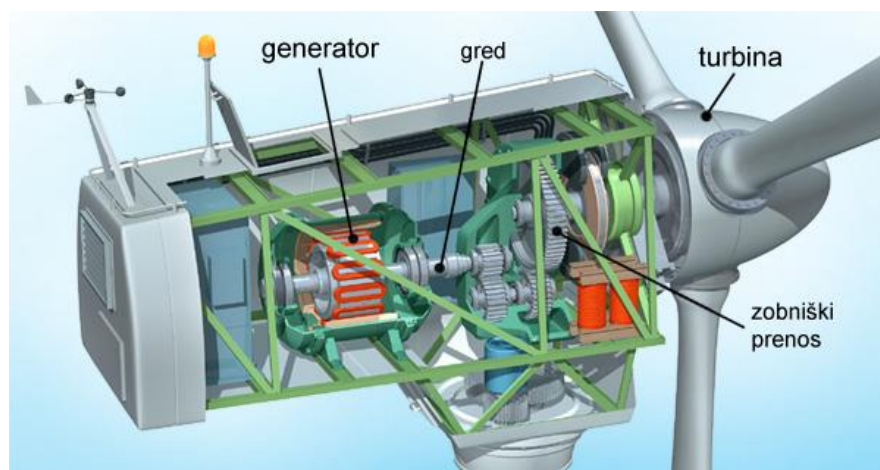
Ker so vetrnice najmanj uporabljene elektrarne, obenem pa tudi najbolj ekološke (celo bolj kot sončne), smo se odločili, da njihovo proizvodnjo povečamo. Strošek njihove gradnje je visok – postavitev ene, ki proizvede 1,6 GWh na leto, stane kar 13,5 milijonov €. Odločili smo se postaviti elektrarno, ki bi proizvedla kar 170 % elektrike prve elektrarne in stane 19 milijonov €, ker pa proizvede skoraj dvojno, je to velik prihranek, ki znaša kar 8 milijonov €, poleg tega pa prihrani še čas ter prostor za gradnjo.



Slika 20: Prva skica ideje.



Slika 21: Prikaz delov Dveternice.



Slika 22: Prerez glave vetrnice.

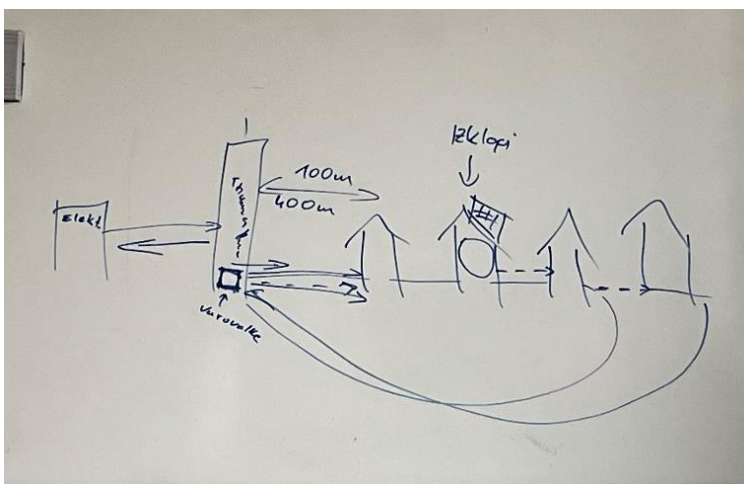
Vetrnica ima dve turbini obrnjeni vsako v svojo smer, ki sta pritrjeni na glavo z možnostjo obračanja za 360 stopinj, da ujame veter. Vsako krilo posebej ima obliko letalskega krila, ki se prilagaja, da se ne vrti prehitro/prepočasi. V celoti je zgrajena iz jekla. Njen steber je podaljšan v zemljo, kjer se konča z betonsko ploščadjo, ki omogoča, da se ne prevrne.



Slika 23: Model začetne rešitve.

### 3.3 Raziskava

Najprej smo raziskali, kako deluje omrežje v Sloveniji. Ob raziskavi smo ugotovili, da ima lahko le malo hiš v Sloveniji sončne elektrarne. Hiše so odvisne od omrežnine in proizvodnje elektrike, ker pa nimajo lastnih hranilnikov energije, lahko nastane tudi problem pri izdelavi prevelikih viškov. Zaradi tega se v Sloveniji še povečuje potreba po elektriki in rešitvi, kako bi energijo lahko shranjevali. Velikokrat se zgodijo napačne predstave, saj se lahko zgodi, da hiša, ki je precej blizu transformatorske postaje, nima najkrajše poti elektrike. Električna napeljava namreč teče po napeljavi v določeni smeri, kar pomeni, da je lahko hiša, ki je oddaljena 50 m od transformatorske postaje, povezana s 400 m dolgim kablom in se nahaja na koncu električnega kroga.



Slika 24: Problem omrežja v Sloveniji.



## 1. postavitvev

V prvi postavitvi smo postavili navadno vetrnico, kjer smo uspeli proizvesti med 2,1 V in 2,3 V električne energije.



Slika 27: Energija vetra na eni sami turbini.

## 2. postavitvev

Pri drugi postavitvi smo obrnili vetrnici zaporedno in na različni višini, s čimer smo preprečili, da bi prva vetrnica »kradla« veter.



Slika 28: Poskus na dveh turbinah.

Pri tem se je izkazalo, da je prva vetrnica proizvajala enako količino elektrike med 2,1 V in 2,3 V, druga vetrnica pa med 2,0 V in 2,1 V. Pri tem poskusu smo ugotovili, da je zamik vetrnic najbolj optimalna postavitvev.

### 3. postavitev

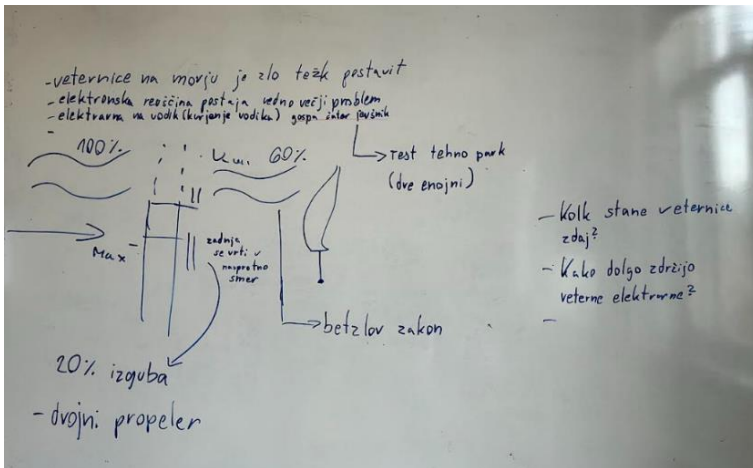
Zanimalo nas je tudi, kako na kapaciteto vpliva oddaljenost turbin med sabo.



Slika 29: Vpliv razdalje in zaporednih turbin.

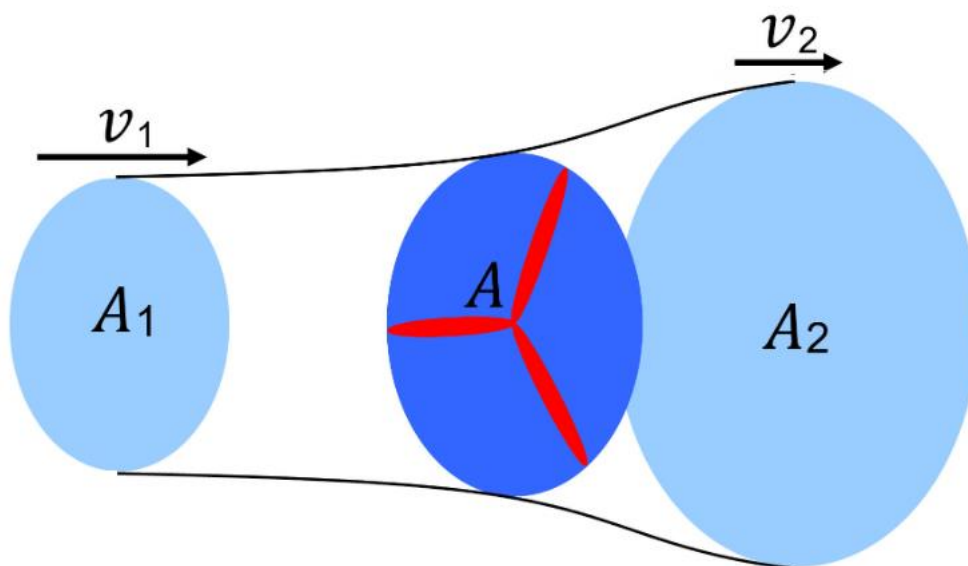
Zaradi manjše razdalje med turbinami je bila izguba vetrne energije na drugo turbino veliko večja. Tako je druga vetrnica proizvedla za 0,4 V manj električne energije. Pri tem smo ugotovili, da je postavitve in način med vetrnicami zelo pomemben.

#### 3.3.2 Betzlov zakon



Slika 30: Oblika lopatic.

Posvetili smo se obliki lopatic za čim večji izkoristek vetra. Raziskali smo tudi Betzlov zakon, ki pravi, da na prvi turbini vetrnica izkoristi 60 % kinetične energije vetra, ostalo gre mimo ali pa se spremeni v vrtince.



Slika 31: Betzlov zakon pri vetrnicah.

Iz slike je razvidno, da se veter, ko gre skozi turbino, razširi, iz česar smo ugotovili, da bi morale biti lopatice druge turbine daljše od prvih zato, da čim bolj izkoristimo veter. Ob bolj podrobni raziskavi smo ugotovili, da morajo biti lopatice druge turbine 20 % daljše od prvih.

### 3.3.3 Statika vetrnic

Gradbeni inženir nas je opozoril na problematiko statike pri vetrnicah. Imajo velike probleme s statiko in se pogosto podrejo. Ker z drugo turbino našo vetrnico uravnotežimo se sile na steber porazdelijo. Pri tem pa moramo upoštevati tudi sile vetra, ki so potrebne, kadar vetrnica deluje, saj je s tem upor veliko večji in lahko pride do dodatnih nagibov stebra. Ob tej problematiki smo razmišljali še marsičem drugem. Najprej smo v učilnici opazovali stole, ki imajo za ravnotežje v U podaljšano nogo, nato smo razmišljali o novodobnih garažah, ki se na podoben, v U narejen plato, nadaljujejo pod zemljo, pa o stolpu v Pisi, ki so ga v zemljo le podaljšali, pa je zaradi sil še vseeno skopal sebi luknjo in se nagnil. Odločili smo se, da stebra vetrnice za statiko ne le podaljšamo v zemljo, ampak mu dodamo betonsko ploščad, ki bi vetrnici onemogočila nagibe.

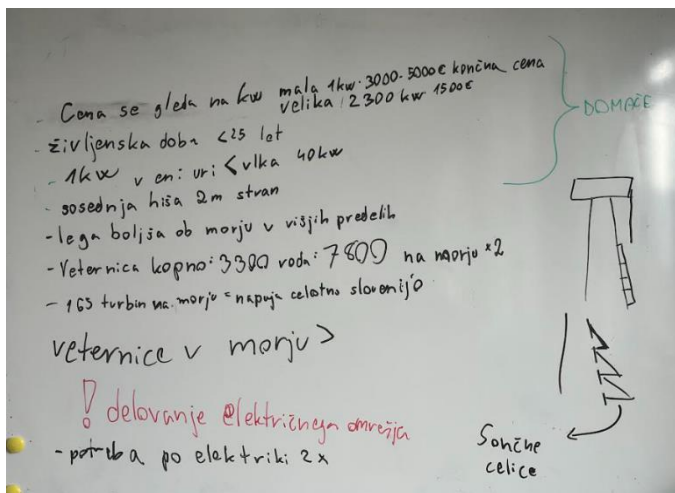
### 3.3.4 Kombiniranje virov energije

Naravni viri energije so v večini zelo nezanesljivi. Pogosto jih je zaradi neidealnih pogojev potrebno zaustaviti in posledično zmanjšati količino elektrike, ki jo elektrarna proizvede. Proizvodnjo elektrike je prav tako treba prilagajati, saj je ni možno shranjevati, zato je treba ponoči mnogo elektrarn izključiti. Na drugi strani pa je podnevi elektriko potrebno odkupiti od drugih držav.

Ko smo bili v HE Fala, so nam povedali, da podnevi na Dravi obratujejo vse elektrarne, ponoči pa lahko obratujeta zgolj dve.

Želeli smo doseči, da bi lahko naša elektrarna električno energijo proizvajala čim več časa in ne bi bila toliko omejena na razmere.



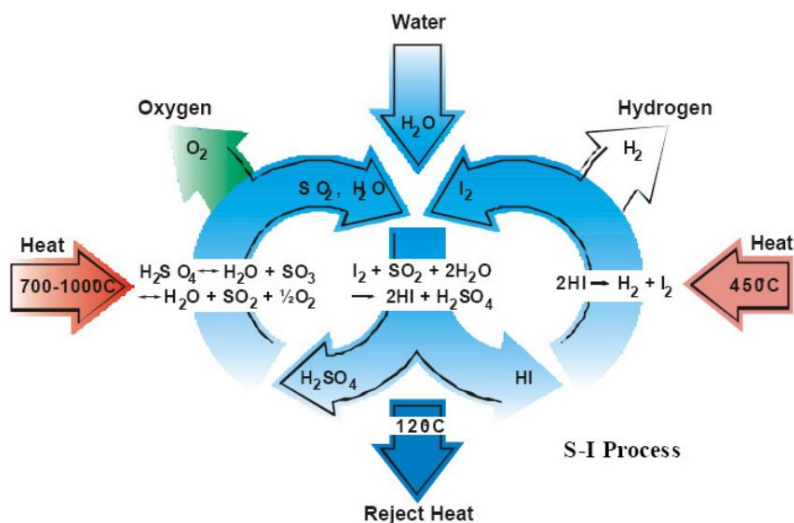


Slika 32: ideja kombiniranja virov energije v eno elektrarno.

Vetrnice za svoje delovanje potrebujejo veter, ki piha večinoma ob slabem vremenu, ko ni sonca. Takrat, ko pa je vreme lepo, pa elektrarne pogosto obstanejo. V svojem stebru imajo vso infrastrukturo, ki je potrebna za sončne elektrarne. Te na tleh zavzamejo veliko prostora in so tako kot vetrnice zelo odvisne od vremenskih pojavov. Ugotovili smo, da bo elektrarna s kombinacijo vetrne in sončne energije veliko bolj konstantna in bo energijo proizvajala ves čas, saj ne bo odvisna zgolj od enega pojava.

Želeli smo preprečiti, da bi bilo zaradi nezmožnosti omrežja elektrarno treba zaustaviti. Raziskali smo različne načine, kako bi lahko elektriko shranjevali in je ne takoj spustili v omrežje. Ugotovili smo, da bi bile baterije za okolje neprijazne in bi potrebovale veliko vzdrževanja.

Prišli smo do ideje, da lahko s pomočjo odvečne elektrike naredimo elektrolizo. Zraven Dveternice bi bila postavljena cisterna z vodo. Odvečno elektriko bi spustili skozi cisterno, kar bi sprožilo elektrolizo. S tem bi se voda delila na čisti kisik in čisti vodik. Vodik bi lahko porabili kot gorivo in ob procesu pridobivanja čistega vodika ne bi izgubljali dodatne energije. Tako bi lahko vetrna elektrarna delovala z maksimalno močjo brez omejevanja. Vemo, da je potreba po vodiku kot sodobnem gorivu čedalje večja.

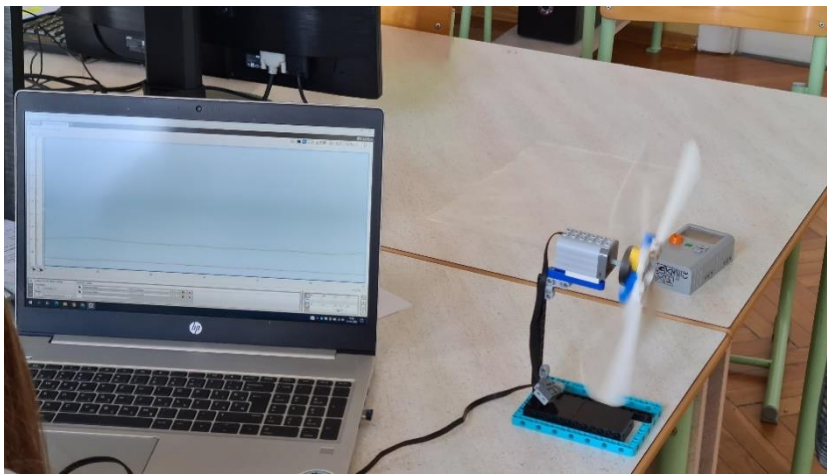


Slika 33: Prikaz elektrolize.

### 3.3.5 Izvedba drugega poskusa

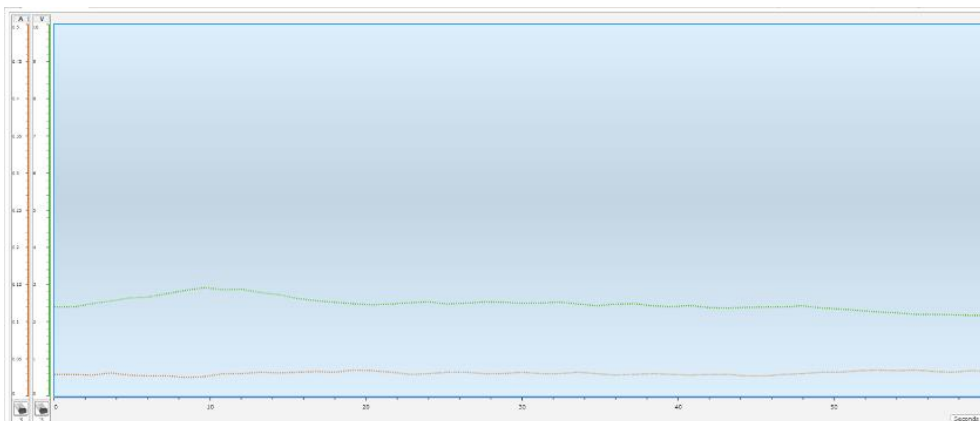
Poskus smo naredili ponovno, da smo ugotovili bolj točne podatke. Poskus je trajal tudi več časa. Vsaka postavitvev je bila testirana dlje. Vzporedno s tem pa smo delali tudi graf. Poskusili smo postavitev z eno vetrnico, nato z dvema posameznima vetrnicama in na koncu našo rešitev.

Ker smo želeli dobiti bolj točne podatke, smo poskus ponovili. Motorje smo povezali z EV3, da smo lahko merili napetost in tok elektrike, ki ga proizvedejo vetrnice. Iz podatkov bi lahko izračunali moč, a to za naš poskus ni bilo pomembno, saj je bil tok konstanten in nam podatek o napetosti pove dovolj o tem, koliko elektrike proizvede. Vsako postavitev poskusa smo vrteli 15 minut. Ob poskusu smo v voltih merili napetost, do katere pride na tuljavi.



Slika 34: Izvedba drugega poskusa s posamezno vetrnico.

Pri samostojni vetrnici je prihajalo do najmanjše napetosti – samo 2,1 V elektrike.

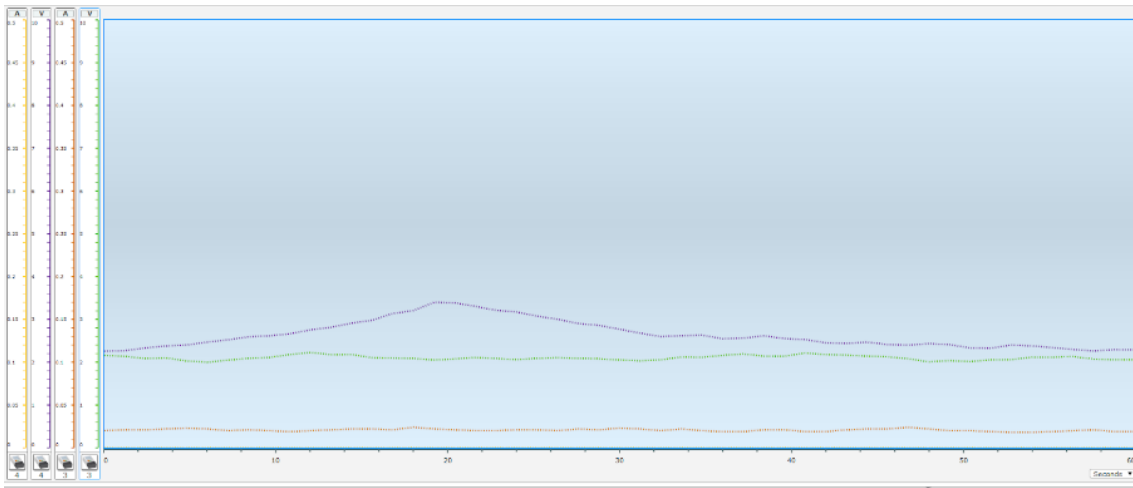


Slika 35: Graf poskusa s samostojno vetrnico.

Največje napetosti so bile pri dveh posameznih vetrnicah – 4,2 V. Se pa zavedamo, da sta dve posamezni vetrnici za postavitev najdražji, zavzameta veliko prostora, ki ga v Sloveniji za postavitev nimamo veliko, vzameta pa tudi največ časa.

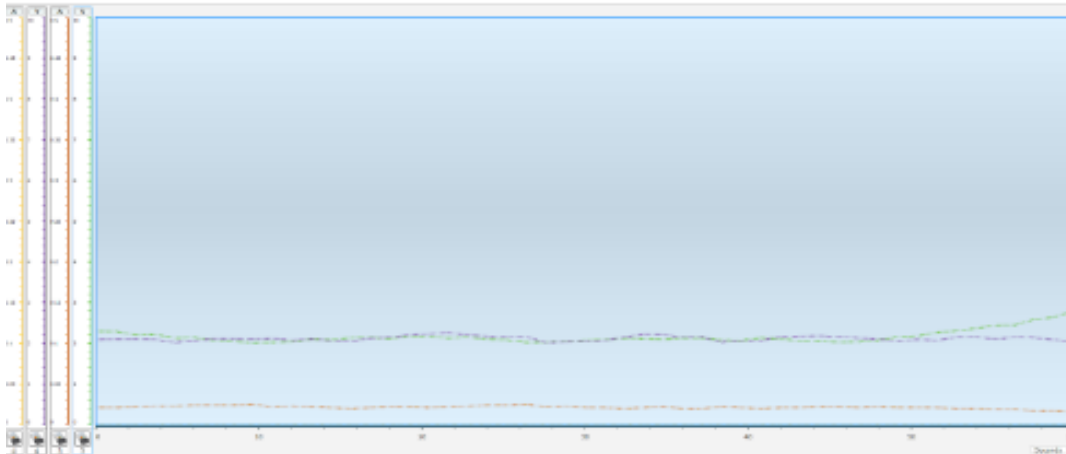


Slika 36: Izvedba drugega poskusa z dvema posameznima vetrnicama.



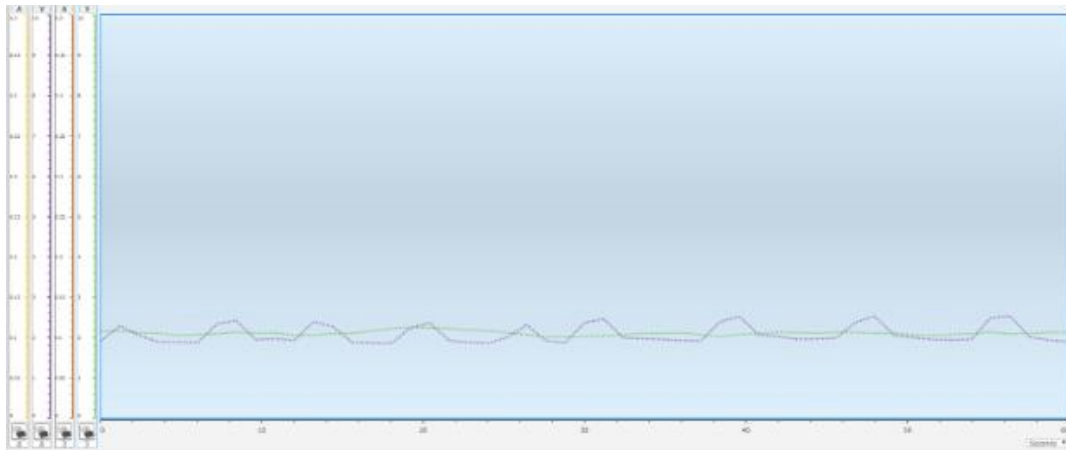
Slika 37: Graf drugega poskusa z dvema posameznima vetrnicama.

Našo rešitev smo testirali dvakrat; prvič smo to naredili, na da bi upoštevali Betzlov zakon, torej z enakimi dolžinami lopatic na obeh turbinah. Prišlo je do napetosti 4 V, kar je samo 0,4 V manj kot pri dveh posameznih. To pomeni, da je izguba približno 9,1 %.



Slika 38: Graf poskusa z našo rešitvijo.

Ko pa smo poskus izvedli z lopaticami na drugi turbini (večjimi od lopatic na prvi), je prišlo do napetosti 4,2 V. Torej je izguba zgolj 4,5 %. To dokaže, da bi z upoštevanjem Betzlovega zakona povečali proizvodnjo energije in da se uporaba 20 % daljših lopatic na drugi turbini izplača.



Slika 39: Poskus z razširjeno zadnjo lopatico.

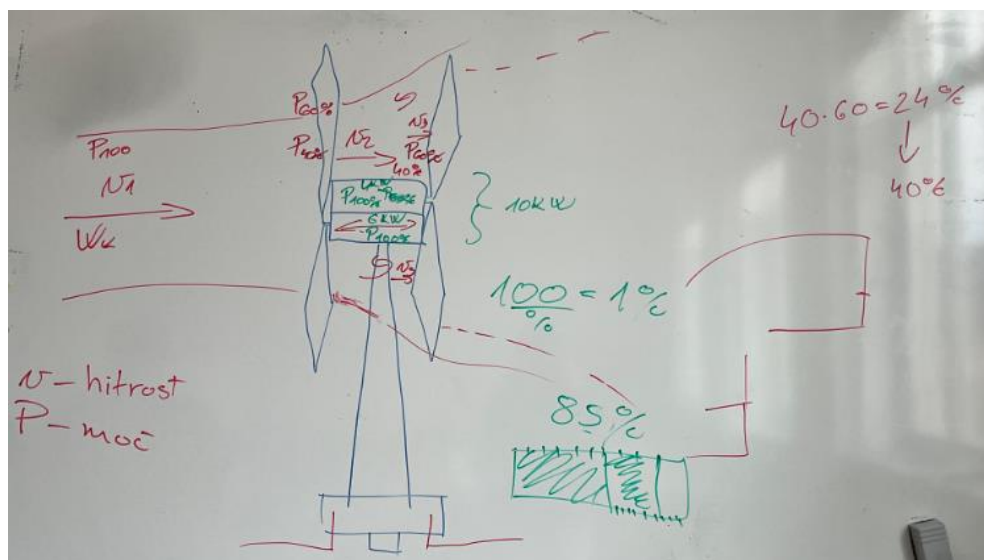


Slika 40: Poskus posodobljene rešitve z razširjenimi lopaticami.

### 3.3.6 Prilagoditev moči generatorjev

Ob raziskavi sestavnih delov vetrnice smo ugotovili, da moč generatorja vpliva na to, koliko vetra je potrebna, da se vetrnica vrti. Vetrnice z močnejšimi turbinami je veliko težje vrteti kot tiste z manj močnimi.

Iz tega smo ugotovili, da bi bilo bolje na drugo turbino dati manj močen generator, ker bi to pomenilo, da bi se druga turbina vrtela kljub 40 % izgubi moči vetra. Tako bi lažje prišla do maksimalne moči, kar bi povečalo proizvodnjo.



Slika 41: Prilagoditev moči generatorjev.

Po Betzlovem zakonu prva turbina dobi 60 % vse moči vetra ( $P_{100} / v_1$ ), druga pa 24 %  $P_{100}$ . Ker bi druga dobila le 40 % od  $v_2$ , ki pride iz prve turbine, kar ne bi bilo dosti za poganjanje 6 MW turbine, smo se odločili zmanjšati moč generatorja na 4 MW, kar bi omogočilo, da hitreje dosežemo maksimalno moč druge turbine.

### 3.3.7 Strokovnjaki, s katerimi smo se pogovarjali v razvoju začetne rešitve

Strokovnjak	Ugotovitev	Ukrep
<b>Učitelj strojništva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problem je v tem, da morajo že pri navadnih turbinah omejevati, koliko proizvede posamezna turbina. Če bi naša proizvajala dvojno, bi bila možnost okvare.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vsako krilo je vezano na svojo turbino.</li> </ul>
<b>Gradbeni inženir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problem s statiko, vetrnice se že na splošno rade prevračajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dodali smo betonske plošče v zemljo, kar vetrnici onemogoča gibanje.</li> <li>V primeru, da na njih dodamo še sončne celice, bi dodali tudi kovinsko verigo.</li> </ul>
<b>Elektroinženir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problem je v omrežju.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dodali shrambo energije v bateriji.</li> <li>Raziskava shramb energije.</li> </ul>
<b>Projektant sončne elektrarne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Celotne sončne elektrarne se ne morejo reciklirati.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raziskava delovanja sončnih elektrarn</li> </ul>

Tabela 3: Tabela strokovnjakov na začetku raziskovanja.

### 3.3.8 Strokovnjaki, s katerimi smo rešitev delili

Strokovnjak	Ugotovitev	Ukrep
<b>Magister Rudi Polner, svetovalec direktorja HSE invest</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umestitev vetrnic v okolje</li> <li>• Proizvodnja vetrnic</li> <li>• Cena vetrnic</li> <li>• Vrste turbin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontaktiranje vremenoslovca</li> <li>• Podrobnejša raziskava cena</li> </ul>
<b>Bodoči diplomirani inženir elektrotehnike</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formula za izračun moči vetra</li> <li>• Formula za izračun proizvedene energije iz turbine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Razmišljanje o obliki lopatic</li> </ul>
<b>Dr. Anamarija L. Mrgole, vodja projektov, področja strateškega razvoja in investicij podjetja Dem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Premajhen izkoristek druge turbine</li> <li>• Najdražji del so turbine.</li> <li>• Pri postavljanju problemi z okoljevarstveniki</li> <li>• Premajhen upor v lopaticah</li> <li>• V Sloveniji malo primernih območij</li> <li>• Država s premalo količino proizvedene elektrike mora plačati milijonske zneske.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomanjšanje razmerja med stebrom in lopaticami</li> <li>• Razmišljanje o legi</li> <li>• Razmišljanje o povečanju izkoristka druge turbine</li> </ul>
<b>Zoran Jarmšek, Petrol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Super ideja</li> <li>• Sončne celice so bolj kot ne modna muha.</li> <li>• Težave s slabim omrežjem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dodali smo sončne celice.</li> </ul>

Tabela 4: Tabela strokovnjakov pri razvoju rešitve.



Slika 42: Obisk v DEM.

### 3.3.9 Inženirski dnevnik

Začetek	Datum	Problem	Opis problema
#0	20. 11. 2022	Vetrnice so najmanj uporabljene elektrarne.	Vetrnice so elektrarne, ki okolju ne škodijo in so celo čistejše kot sončne. Zaradi visokih stroškov, ki se ne povrnejo kmalu, so malokrat uporabljene v Sloveniji. Za njihovo postavitve tudi nimamo pravega površja in je prostora za njih malo. Ker same zahtevajo veliko prostora, jih niti ne moremo imeti veliko.

Sprememba	Datum spremembe	Opis problema	Razlog za spremembo
#1	29. 10. 2022	Velik strošek za gradnjo vetrnic	Začeli smo razmišljati o vetrnicah, ki bi na enem stebru imele dva motorja.
#2	8. 11. 2022	Dve turbini na enem stebru bi lahko ujeli veliko manj vetra in se rešitev ne bi izplačala.	Vetrnici bosta na isti strani tako, da se bosta skupaj vrteli in na podlagi Betzovega zakona bo druga vetrnica proizvedla 40 % elektrike.
#3	10. 11. 2022	Dve turbini skupaj – prevelika teža na eni strani in manjša proizvodnja.	Vetrni turbini smo dali vsako na svojo stran; pri tem druga proizvede 70 % elektrike.
#4	15. 11. 2022	Ena turbina mora imeti nadzorovano proizvodnjo elektrike pri vetrnici, ki je ne sme biti preveč, kar bi se zgodilo, če bi na njo priključili obe strani.	Razdelili na dve turbini.
#5	20. 11. 2022	Vetrnice se pogosto prevrnejo.	Na tla je pripeta z verigami, ki jo uravnavajo.
#6	26. 11. 2022	Razmišljali smo o karti Slovenije in njeni legi. Kje je vetrnico najbolje zgraditi?	Najbolje je na Primorskem.
#7	8. 12. 2022	Samo steber z verigami zakopan v zemljo še ni dovolj stabilen.	Dodali smo podaljšan steber in plošče, ki onemogočajo premikanje.
#8	12. 12. 2022	Premalo močan material plošč za stabilizacijo	Spremenili smo material plošč v beton, kar tudi otežuje poškodbo materiala v zemlji.

#9	19. 12. 2022		Za večji proizvod smo dodali sončne celice na spodnji del stebra, ki je neizkoriščen prostor.
#10	3. 1. 2023	Sončne celice še povečujejo možnost, da se vetrnice prevrnejo.	Za dodatno varnost smo dodali verige.
#11	11. 1. 2023	Problem s priklopom elektrike	Raziskava hranilnikov energije.
#12	17. 1. 2023	Premalo vetra na drugi turbini	Prva turbina je malo manjša kot druga, ker razprši veter, da ga lahko krila druge ulovijo.
#13	21. 1. 2023	Vzdrževanje vetrnic	V glavi vetrnice bi imeli le sistem zobnikov, turbina bi bila prestavljena v tla.
#14	7. 2. 2023	Postavitev generatorja	Po pogovoru z vodjo projektov na področju strateškega razvoja in investicij smo se odločili generator pustiti v glavi vetrnice, ker bi s prenosom zobnikov k večjemu proizvodnjo elektrike izgubili, popravilo pa ni nič cenejše.
#15	11. 2. 2023	Vsi so se osredotočili na razvijanje turbin, nihče pa ne razvija lopatic.	Z lopaticami, kakršne so sedaj, bi drugi rotor izgubil veliko vetra, po pogovoru z bodočim elektroinženirjem pa smo ugotovili, da bi z drugačno obliko lahko hitreje dosegli maksimalno moč na obeh turbinah.
#16	16. 2. 2023	Premajhen upor	Z večjim uporom bi hitreje dosegli maksimalno moč vetrnice, kar je naš cilj, zato smo zmanjšali razmerje med velikostjo stebra in lopatic.
#17	22. 2. 2023	Premalo izkoristka druge turbine	Drugi rotor bi imel 20 % večje lopatice, da bi zajel še čim več zunanlega vetra, s čimer bi povečali izkoristek.
#18	1. 3. 2023	Premalo izkoristka druge turbine	Lopatice prvega rotorja bi se obračale tako, da bi imela prva turbina dosežen maksimum, ampak bi nekaj vetra pustila drugi tako, da bi tudi tista hitreje dosegla maksimalni izkoristek.
#19	5. 3. 2023	Slabo omrežje in okolju neprijazne baterije	Del energije, ki ga zaradi slabega omrežja ni možno distribuirati, je treba shraniti, ampak ker je cilj našega projekta okolju prijazna elektrarna, smo se odločili za uporabo vodika za shranjevanje energije.
#20	10. 3. 2023	Drugi rotor se ne bi vrtel.	Zmanjšali smo moč drugega generatorja iz 6 GW na 4 GW, ker je tega lažje vrteti, kar pomeni, da bi lahko z manjšim vetrom vrteli vetrnico, ki je drugače ne bi bilo možno.

Tabela 5: Vodenje evidence sprememb in meritev – inženirski dnevnik.

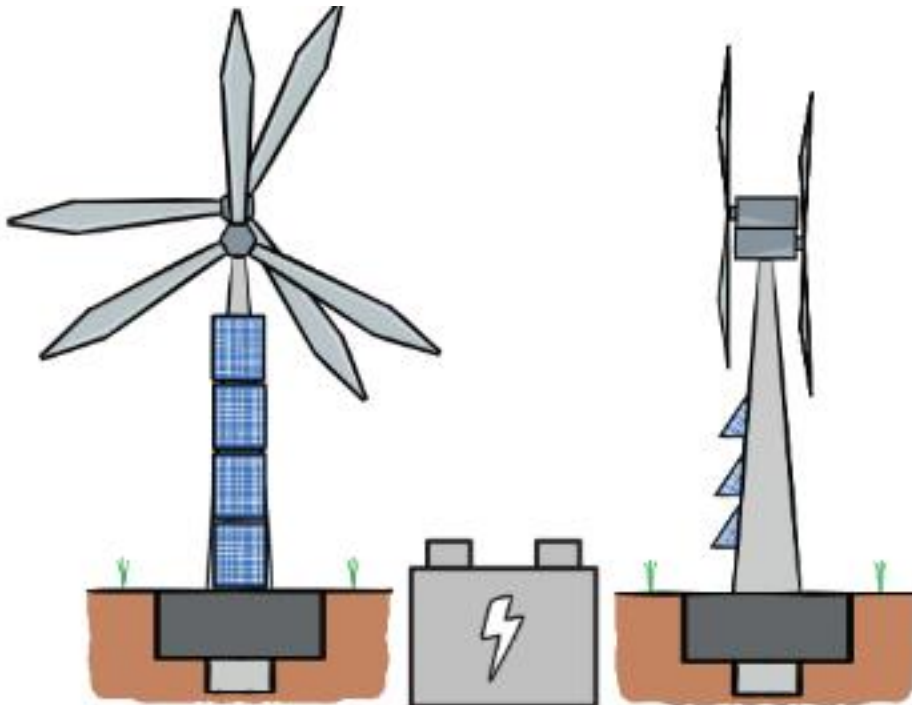


### 3.4 Končna rešitev

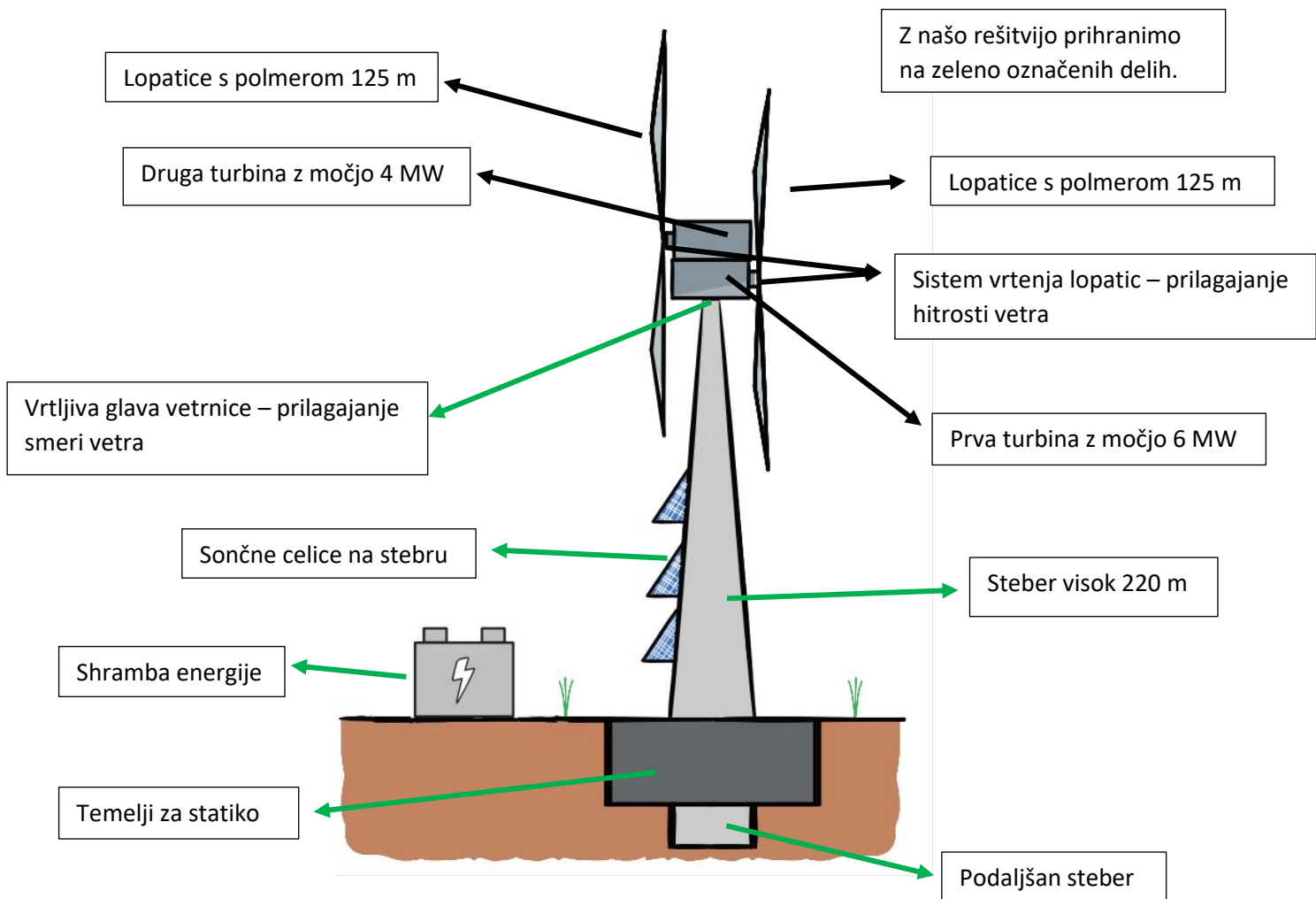
Naša končna rešitev je elektrarna, ki združuje energijo vetra in sončno energijo tako, da s svojo proizvodnjo ni omejena na zgolj en vir energije. Ni je potrebno omejevati, ker odvečno energijo uporabi za proizvodnjo čistega vodika s procesom elektrolize.

Pri vetrni elektrarni je poudarek na povečanju izkoriščanja energije vetra. Z dvema turbinama vetrna elektrarna izkoristi 160 % energije vetra več kot zgolj ena sama vetrnica. Tako veliko izkoriščenost dosežemo s prilagoditvijo velikosti lopatic ob upoštevanju Betzlovega zakona. Prilagojena je tudi moč turbine, ki je na drugi turbini manjša, saj se vetrnice z manjšo močjo turbine lažje vrtijo in za svoje delovanje potrebujejo manj moči vetra.

Deluje tako, da najprej veter v večini izkorišča prva turbina. Ko pride do maksimalne moči, le-ta za svoje delovanje ne potrebuje več toliko vetra, zato lopatice obrne za 45 % in več vetra spusti skozi rotor. To omogoči drugi turbini, da dobi več energije vetra in še sama pride do maksimalne moči.



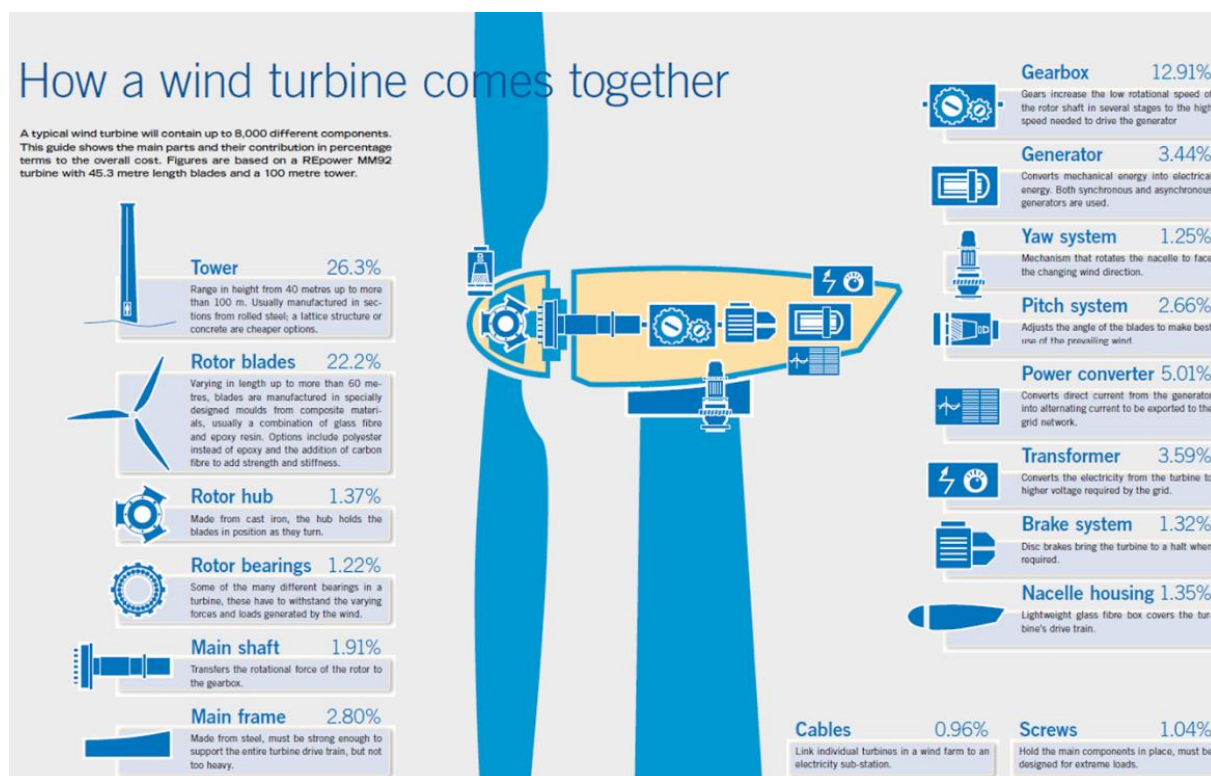
Slika 43: Skica rešitve po pogovoru s strokovnjaki.



Slika 44: Sestavni deli Dveternice po delitvi rešitve.

### 3.5 Cena rešitve

Z določanjem cene smo imeli težave. Najprej smo iskali ceno na spletu, a je tam nismo našli, zato smo kontaktirali podjetje Elan, ki je edino podjetje v Sloveniji, ki izdeluje lopatice za vetrne elektrarne. Ker se niso odzvali, smo za ceno povprašali vodjo projektov in strateškega razvoja iz podjetja Dravske elektrarne. Izvedeli smo, da cena za dele vetrnice ni točno določena, celotna cena pa znaša 3,5 milijona €. Mag. Rudi Polner nam je v gradivu posredoval ceno posameznih delov vetrnic, iz katerih smo lahko sklepali ceno Dveternice.



Slika 45: Razdelitev cene pri vetrni turbini.

Del vetrnice	Cena
Lopatice	0,77 milijona €
Turbina	0,6 milijona €
Steber	0,92 milijona €
Zobniki	0,4 milijona €
Vrtljiva glava	0,04 milijona €
Zavore	0,04 milijona €
Transformator	0,1 milijona €
<b>Cena vetrnice</b>	<b>3,5 milijona €</b>

Tabela 6: Začetni cenik.

Cena Dveternice: 4,76 milijona €

Ugotovili smo, da cenik ni realen, zato smo ga izdelali s pomočjo programa Excel in ugotovili, da je zaključna cena 5,3 milijona €. S tem še vedno dosežejo prihranek, ker imamo skupno moč turbine 10 MW, vetrnice z močjo turbine 3,5 MW pa stanejo 3,5 milijona €.

Sestavni del	Odstotek	Cena v milijon €	Deli za Dveternico	Cenik za Dveternico v milijon €
<b>Vetrnica</b>		3,5		5,3
<b>Stolp</b>	26,30 %	0,9205	1	0,9205
<b>Lopatic</b>	22,20 %	0,777	2	1,554
<b>Sistem za krmiljenje</b>	4,50 %	0,1575	1	0,1575
<b>Krmiljenje lopatic</b>	4,05 %	0,14175	2	0,2835
<b>Ogrodje</b>	1,35 %	0,04725	1,8	0,08505
<b>Generator</b>	39,60 %	1,386	1,6	2,2176
<b>Ostalo</b>	2,00 %	0,07	1,2	0,084

Tabela 7: Prenovljen cenik.

Primerjava cene po moči turbine	Moč turbine	Cena v milijon €	Moč Dveternice	Cenik za Dveternico v milijon €
	3,25 MW	3,5	10 MW	5,30215
3x3.25 MW	10,5			

Tabela 8: Primerjava cene po moči turbine.

### 3.5.1 Izračun izkoristka Dveternice

Študent elektrotehnike nam je predstavil formulo za energijo vetra in formulo za končno pridobljeno energijo iz posamezne vetrnice.



Slika 46: Razlaga študenta elektrotehnike.

**Formula za energijo vetra:**

$$E_w = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^3 \cdot t$$

$E_w$  = energija vetra

$E_w$  = energija vetra [J]

$A = \pi r^2$  = ploščina rotorja turbine

$\rho$  = gostota zraka –  $1,225 \frac{kg}{m^3}$

$v$  = hitrost vetra [ $\frac{m}{s}$ ]

$t$  = čas [s]

$r$  = dolžina krila [m]

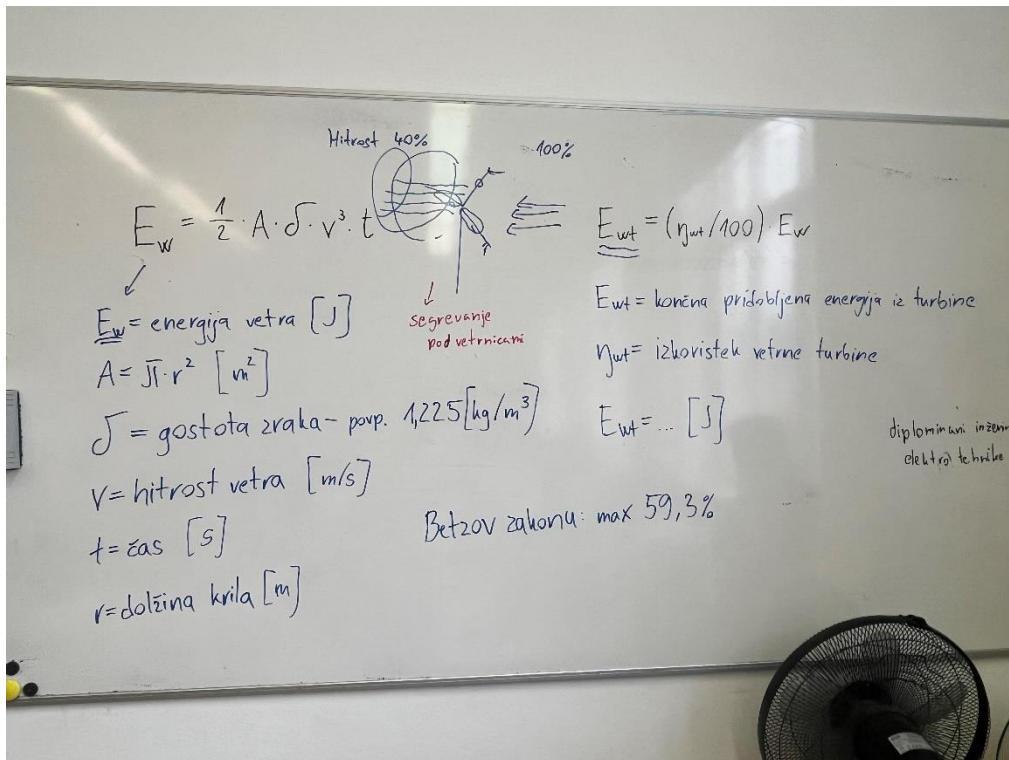
Formula za izračun končne pridobljene energije iz turbine:

$$E_{wt} = \left( \frac{\eta w t}{100} \right)$$

$E_{wt}$  = končna pridobljena energija iz turbine

$\eta w t$  = izkoristek vetrne energije

$E_{wt}$  = [J]



Slika 47: Formula za izračun energije vetra in končne pridobljene energije iz turbine.

Prav tako smo izvedeli, da je uporaben zgolj veter, ki pride skozi notranji del turbine. Veter, ki pride skozi zunanji del turbine, se spremeni v vrtince in je na drugi turbini neuporaben (slika na zgornjem delu table).

Iz teh dveh formul smo lahko sestavili formulo za izkoristek Dveternice. Formula velja v primeru, da so krila druge turbine 20 % daljša kot krila prve in da se izkoristek vetra zmanjša za 60 % na drugi turbini.

#### Osnovna formula za izračun:

$$E_{skup} = (E_{w1} + E_{w2}) \left( \frac{\eta_{wt}}{100} \right)$$

Formuli smo kasneje dodali formulo za energijo vetra, ki je opisana zgoraj.

$$E_{skup} = \left( \frac{1}{2} \cdot A_1 \cdot \rho \cdot v_1^3 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot A_2 \cdot \rho \cdot v_2^3 \cdot t \right) \left( \frac{\eta_{wt}}{100} \right)$$

Pri tem velja:

$$v_1 = v_1 \rightarrow v_1^3 = v_1^3$$

$$v_2 = \frac{3}{5} v_1 \rightarrow v_2^3 = \frac{27}{125} v_1^3$$

Dodali smo izgubo, ki nastane na drugi turbini, in spremembo dolžine kril na drugi turbini ter zapisali ploščino dolžine rotorja.

$$E_{skup} = \left( \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot v_1^3 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{36}{25} \cdot r^2 \cdot \rho \cdot \frac{27}{125} \cdot v_1^3 \cdot t \right) \left( \frac{\eta_{wt}}{100} \right)$$

36/25 = sprememba dolžine kril na drugi turbini

27/125 = izguba na drugi turbini

Iz te formule smo lahko izračunali, da bo takšna vetrnica dosegala najmanj 30 % izboljšanje.

V primeru:

- iste ga izkoristita obeh turbin
- krake druge turbine so 20% daljša od prve
- hitrost zraka se zmanjša za 60%

$$r_2 = \frac{6}{5} \cdot r_1 \quad A_1 = \pi \cdot r_1^2 \quad A_2 = \pi \cdot r_2^2 = \pi \cdot \left(\frac{6}{5}\right)^2 \cdot r_1^2 = \frac{36}{25} \cdot A_1$$

$$v_1 = v_1 \rightarrow v_1^3 = v_1^3$$

$$v_2 = \frac{3}{5} \cdot v_1 \rightarrow v_2^3 = \frac{27}{125} \cdot v_1^3$$

↑ upoštevanje vetra, ki ga prva turbina ni pobrala

$A = \text{površina turbine [m}^2\text{]} \quad A = \pi r^2$   
 $r = \text{dolžina krake [m]}$   
 $\rho = \text{gostota zraka [kg/m}^3\text{]}$   
 $v = \text{hitrost zraka [m/s]}$   
 $t = \text{čas [s]}$   
 $\eta_{\text{ut}} = \text{izkoristek turbine [\%]}$   
 $W_1 = \text{energija ene vetrnice [J]}$

$$E_{\text{skup}} = (E_{w_1} + E_{w_2}) \left( \frac{\eta_{\text{ut}}}{100} \right)$$

$$= \left( \frac{1}{2} \cdot A_1 \cdot \rho \cdot v_1^3 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot A_2 \cdot \rho \cdot v_2^3 \cdot t \right) \left( \frac{\eta_{\text{ut}}}{100} \right)$$

$$= \left( \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot \rho \cdot v_1^3 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \left(\frac{36}{25}\right) \cdot r_1^2 \cdot \rho \cdot \left(\frac{27}{125}\right) \cdot v_1^3 \cdot t \right) \cdot \left( \frac{\eta_{\text{ut}}}{100} \right)$$

$$= \left( 1 + \frac{36}{25} \cdot \frac{27}{125} \right) \left( \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot \rho \cdot v_1^3 \cdot t \right) \left( \frac{\eta_{\text{ut}}}{100} \right)$$

↑ sprememba dolžine krak na drugi turbini  
↑ izguba hitrosti zraka

$$= 1,31104 \cdot W_1 \text{ [J]}$$

↓  
najmanj 30% izboljšanje

Slika 48: Računanje skupne energije Dveternice.

Formulo smo vstavili v program Exel, kjer smo naredili tabelo, s katero smo ponazorili, v katerih pogojih bi Dveternica lahko delovala oz. kateri pogoji bi bili za njeno delovanje idealni. Z zeleno so v tabeli označeni dobri pogoji. Hitro smo ugotovili, da je zaradi stabilnosti in boljše izrabe bolje imeti dva različna generatorja kot različno dolge lopatice.

pi	lopatica	gostota zraka	hitrost vetra	Veter 40%	Veter 45%	Veter 50%	Veter 55%	Veter 60%	Veter 65%	Veter 70%	Veter 75%	Veter 80%	čas	E_w	%	Ewt_1	hitrost vetra2
3,14	125	1,225	4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	1	1923250	0,6	1,15395	4
3,14	125	1,225	5	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	1	3756347,656	0,6	2,253808594	5
3,14	125	1,225	6	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	1	6490968,75	0,6	3,89458125	6
3,14	125	1,225	7	2,8	3,15	3,5	3,85	4,2	4,55	4,9	5,25	5,6	1	10307417,97	0,6	6,184450781	7
3,14	125	1,225	8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	1	15386000	0,6	9,2316	8
3,14	125	1,225	9	3,6	4,05	4,5	4,95	5,4	5,85	6,3	6,75	7,2	1	21907019,53	0,6	13,14421172	9
3,14	125	1,225	10	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	1	30050781,25	0,6	18,03046875	10
3,14	125	1,225	11	4,4	4,95	5,5	6,05	6,6	7,15	7,7	8,25	8,8	1	39997589,84	0,6	23,99855391	11
3,14	125	1,225	12	4,8	5,4	6	6,6	7,2	7,8	8,4	9	9,6	1	51927750	0,6	31,15665	12
3,14	125	1,225	13	5,2	5,85	6,5	7,15	7,8	8,45	9,1	9,75	10,4	1	66021566,41	0,6	39,61293984	13
3,14	125	1,225	14	5,6	6,3	7	7,7	8,4	9,1	9,8	10,5	11,2	1	82459343,75	0,6	49,47560625	14
3,14	125	1,225	15	6	6,75	7,5	8,25	9	9,75	10,5	11,25	12	1	101421386,7	0,6	60,85283203	15
3,14	125	1,225	16	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10,4	11,2	12	12,8	1	123088000	0,6	73,8528	16
3,14	125	1,225	17	6,8	7,65	8,5	9,35	10,2	11,05	11,9	12,75	13,6	1	147639488,3	0,6	88,58369297	17
3,14	125	1,225	18	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	1	175256156,3	0,6	105,1536938	18
3,14	125	1,225	19	7,6	8,55	9,5	10,45	11,4	12,35	13,3	14,25	15,2	1	206118308,6	0,6	123,6709852	19
3,14	125	1,225	20	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	240406250	0,6	144,24375	20
3,14	125	1,225	21	8,4	9,45	10,5	11,55	12,6	13,65	14,7	15,75	16,8	1	278300285,2	0,6	166,9801711	21

Tabela 9: Izračun ugodnega vetra za Dveternico.



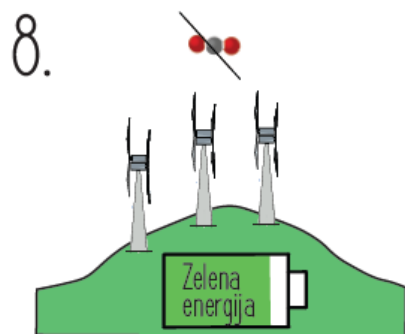
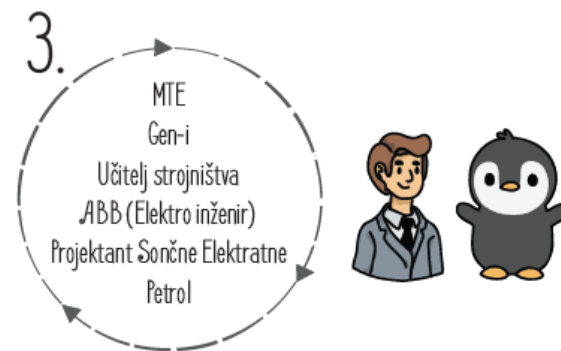
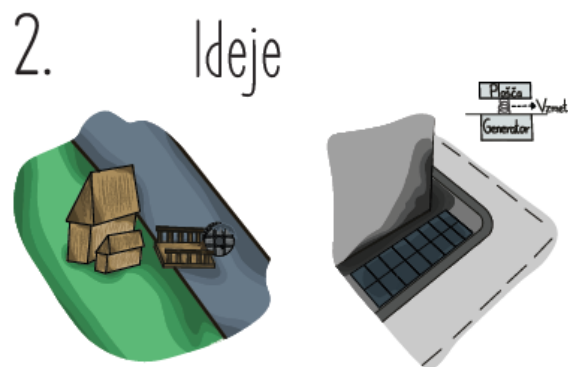
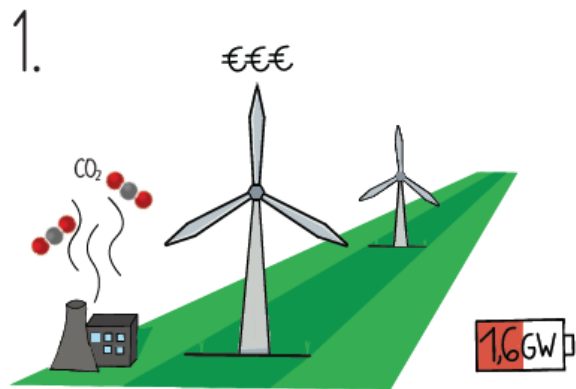
### 3.5.2 Delitev končne rešitve

Rešitev smo delili z dr. L. Mrgole, ki je vodja projekta za postavitev vetrne elektrarne v Sloveniji. Izvedeli smo, kakšen problem predstavlja sama postavitev vetrnice v okolje. Sama izgradnja traja le 3 tedne, pridobitev gradbenega dovoljenja in dovoljenja vseh okoljevarstvenikov pa se lahko zavleče več let. Povedala nam je, da je turbina najdražji del in da je ne znamo dovolj izkoristiti, kar bi lahko dosegli s spreminjanjem oblike lopatic. Poudarila je tudi pomembnost razmerja med velikostjo lopatic in stebra. Pomembno je, da je steber čim manjši in lopatice čim večje. Tako imajo večji upor in hitreje pridejo do svoje maksimalne hitrosti. Zanimivo pa je bilo izvedeti, da mora država članica EU proizvesti 25 % energije iz zelenih virov in ker Slovenija tega ne dosega, mora plačevati milijonske zneske oz. kupiti te odstotke od drugih držav.

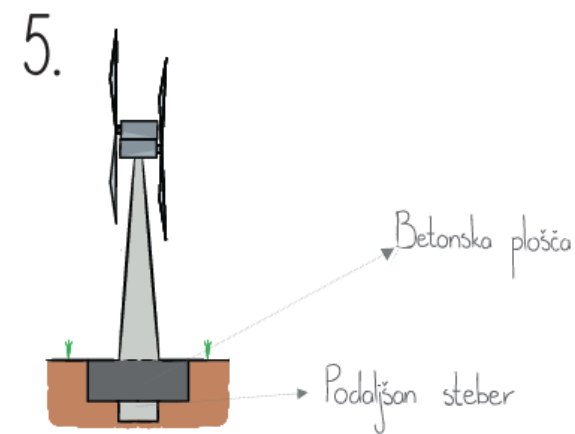
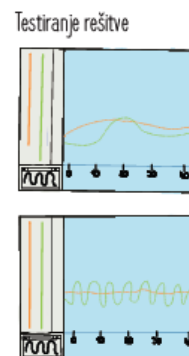
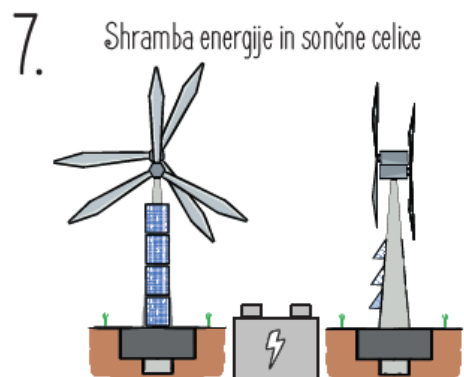
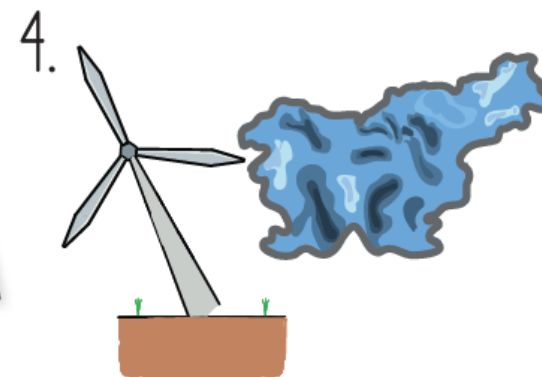


Slika 49: Delitev rešitve.

Rešitev smo delili tudi z mag. Rudijem Polnerjem, svetovalcem direktorja HSE invest, ki je vodilna družba za inženiring in izgradnjo energetskih objektov. Izvedeli smo, da je predvsem pomembna lega vetrnice ter izbira turbine, ki jo bi naša Dveternica uporabljala. Izvedeli smo tudi, katera območja so v Sloveniji primerna za postavitev vetrnice. Pogoji za to so, da na višini 50 m veter piha s hitrostjo  $4,5 \frac{m}{s}$  vsaj 2500 ur letno.



DVE T ER NICA



## 4 Sklepne ugotovitve

Na začetku raziskovanja smo postavili raziskovalno vprašanje:

***Ali lahko nadgradimo sistem vetrnih elektrarn tako, da bomo pridobili več energije in bodo sprejemljive za okolje?***

Med raziskovanjem smo ugotovili, da je sistem postavitve izjemno zahteven. Za postavitve vetrne elektrarne je potrebno najprej poskrbeti za ustrezne načrte in prostorske plove. Pri tej ureditvi je potrebno upoštevati celoten transport na samo mesto, okolico in načine vzdrževanja. Kljub temu da je vetrna elektrarna ekološko zelena, pa vseeno vpliva na spremembo v okolici. V primeru postavitve na hribovito področje je potrebno urediti ustrezno sečno in pripraviti teren, prav tako je potrebno preveriti, kako bo takšna postavitve vplivala na spremembo naravnega okolja – rastline in živali.

Pri takšnih postavitvah je potrebno najbolje izkoristiti, kar nam ponuja okolje. Menimo, da je naša nadgradnja vetrnih elektrarn smiselna:

1. Proizvodna elektrike se poveča s pomočjo dveh turbin in sončne elektrarne.
2. Ker vetrne elektrarne ne dajejo konstantne elektrike v omrežnino, bi lahko viške porezali s pomočjo shranjevalnikov električne energije ali elektrolizo, kjer bi proizvajali vodik.
3. Strošek gradnje smo ustrezno zmanjšali, zato bi se takšna investicija veliko hitreje povrnila.
4. Slovenija bi lažje sledila EU smernicam za proizvodnjo zelene energije.

Rešitve raziskovalne naloge so nas predvsem pripeljale do dejstva, da je potrebno čimprej razmisliti o izrabi naravnih virov za pridobivanje električne energije, pri tem pa k obstoječim elektrarnam dodati sekundarni vir ustvarjanja elektrike. Zavedamo se, da sta glavni vir energije jedrska elektrarna, termoelektrarna in hidroelektrarne. V kombinaciji z našo rešitvijo bi lahko pri hidroelektrarnah prečrpavali reko na višji tok in tako omogočili konstantnosti oz. večji pretok rek.

Ob zaključku lahko povemo, da potrebujemo več zelene elektrike, kombinirane sisteme elektrarn in s sodobnimi pristopi in tehnologijo ponudimo za okolje sprejemljive rešitve.

## 5 Zaključek

V času raziskovanja smo ugotovili, kako pomembno je proizvodnjo energije z obnovljivimi viri. Zavedamo se pomembnosti ohranjanja našega planeta in koliko k onesnaženju prispevajo fosilna goriva. Pridobivanje energije z neobnovljivimi viri ni samo netrajnostna rešitev, ampak je tudi slaba za ljudi in naše zdravje.

Pri raziskovanju smo ugotovili, kako težko bi bilo zamenjati Termoelektrarno z vetrnimi, ampak vemo, da je to z našo rešitvijo mogoče. Reševali smo kompleksen problem povezan z energijo in sestavili rešitev, za katero je bilo potrebno upoštevati ogromno različnih faktorjev.

Ponosni smo na idejo projekta, ki bi ob uresničitvi lahko rešila marsikateri problem z onesnaženjem zraka, proizvodnjo energije in omogočila, da spet zaživimo v čistem in manj onesnaženem svetu. Ugotovili smo, da je naša rešitev možno uresničiti in pripeljati do konca, ampak je to izjemno težek projekt.

Ker je energija del našega vsakodnevnega življenja in jo v življenju potrebujemo vsi, se moramo potruditi in rešiti probleme ter se odpraviti na pot proti zeleni energiji tudi v Sloveniji. Upamo, da je naša rešitev del te poti in da bo kmalu pomagala izkoriščati energijo vetra.

## Viri in literatura

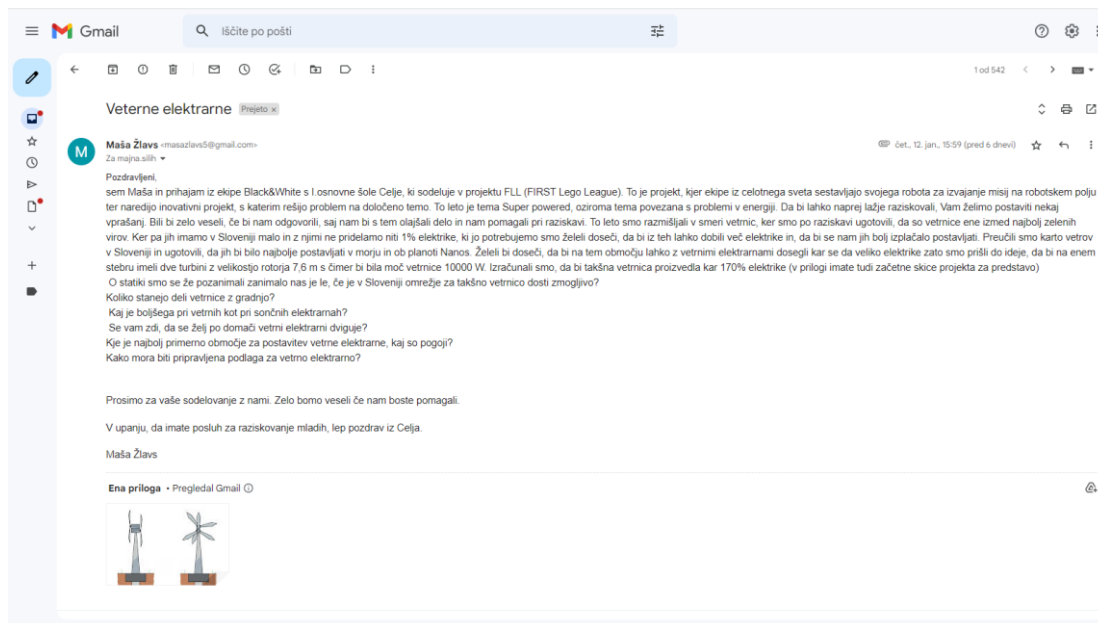
### Viri:

- **International Renewable Energy Agency (IRENA)**; Irena education; (<https://www.irena.org/Education>); brano 15. 1. 2024; članki objavljeni v letih 2021/2022.
- **National Renewable Energy Laboratory (NREL)**: NREL Transforming energy; (<https://www.nrel.gov/>); brano 28. 1. 2024; članki njihove raziskave objavljeni 2020–2024.
- **European Renewable Energy Council (EREC)**: EREC “The race for green energy is on!”; (<https://www.erec.org/the-race-for-green-energy-is-on/>); brano 4. 2. 2024; objavljeno 5. 3. 2021.
- **Wikipedia**: Hidroelektrarna; (<https://sl.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrarna>); brano 4. 2. 2024; zadnja sprememba 5. 11. 2023.
- **Wikipedia**: Termoelektrarna; (<https://sl.wikipedia.org/wiki/Termoelektrarna>); brano 4. 2. 2024; zadnja sprememba 9. 10. 2023.
- **Wikipedia**: Jedrska elektrarna; ([https://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska\\_elektrarna](https://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska_elektrarna)); brano 5.-2. 2024; zadnja sprememba 4. 12. 2023.
- Vir: **Esvet**: Jedrska energija; (<https://www.esvet.si/jedrska-energija/prednosti-slabosti-jedrske-energije>); brano 8. 2. 2024; ni podatka o zadnji spremembi.
- **Electricity maps**: Slovenija: podatki za preteklih 12 mesecev; (<https://app.electricitymaps.com/zone/SI>).

### Slikovni viri:

- Slika 3: SENG: <https://www.seng.si/hidroelektrarne/>
- Slika 4: TEŠ: <https://www.te-sostanj.si/podjetje/>
- Slika 5: Wikipedija: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska\\_elektrarna](https://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska_elektrarna)
- Slika 6: 24 ur: <https://www.24ur.com/novice/svet/lokalni-prebivalci-zavracajo-postavitev-vevtrnic.html>
- Slika 7: Wikipedija: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Fotovoltai%C4%8Dna\\_elektrarna](https://sl.wikipedia.org/wiki/Fotovoltai%C4%8Dna_elektrarna)
- Slika 8: Wikipedija: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektrarna\\_na\\_plimovanje\\_Sihwa](https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektrarna_na_plimovanje_Sihwa)
- Slika 9: Wikipedija: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Geotermalna\\_energija](https://sl.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_energija)
- Slika 10: Mother Erth News: <https://www.motherearthnews.com/sustainable-living/renewable-energy/biomass-renewable-energy-ze0z1807zcoo/>

# Priloge



Contact

## Contact information:

First Name and Last Name: \*

Neja Vogelsang

E-mail: \*

neja.vogelsang@gmail.com

Phone: \*

064 206 005

Message: \*

Pozdravljeni!

Smo ekipa Black&White s I.osnovne šole Celje, ki sodeluje v projektu FLL (FIRST Lego League). To je projekt, kjer ekipe iz celotnega sveta sestavljajo svojega robota za izvajanje misij na robotskem polju ter naredijo inovativni projekt, s katerim rešijo problem na določeno temo. To leto je tema Super powered, oziroma tema povezana s problemi v energiji. Mi smo izbrali vetrne elektrarne. Da bi lahko naprej lažje raziskovali, Vas prosimo, če nam pomagate pri ceni delov vetrnice. Zasedli smo namreč, da se ukvarjate z izdelavo kril. Bili bi zelo veseli, če bi nam odgovorili, saj nam bi s tem olajšali delo in nam pomagali pri našem projektu.

Upamo, da imate posluh za mlade raziskovalce in lep pozdrav iz Celja.

Ekipa Black&White

**1. Kako zelo vpliva veter na statiko vetrnic?**

Vetrnica se izbere glede na jakost, smer in najvišje sunke vetra na predvidenem območju vgradnje. Zato je ključno izvesti meritve vetrnega potenciala na območju postavitve vetrnic. Iz teh podatkov lahko projektant identificira, katere vetrnice bi bile ustrezne, izdelovalci vetrnic pa podajo ustrezne vhodne podatke za dimenzioniranje temeljev. Pri tem poleg sil, ki jih povzroča vetrnica, pomembno vlogo igra tudi geologija terena, kjer bo vetrnica postavljena. Generalno pa so temelji v obliki diskov (poglejte nekatere priloge, ki sem jih poslal).

**2. Ali bi bilo zaradi stroškov bolj smiselno postaviti turbine v betonski del namesto v predel, kjer je vetrnica?**

Vetrnice in sestavni deli, vključno s postavitvijo opreme so plod dolgoletnih raziskav in razvoja in seveda izkušenj iz obratovanja, saj gre že za zelo zrelo tehnologijo.

**3. Koliko stanejo deli vetrnice z gradnjo?**

Vetrnice se kupujejo kot celota, torej steber, agregat, vsa elektro in strojna oprema, sistem vodenja agregata ipd. To je nujno, ker mora izdelovalec vetrnice dati garancijo za delovanje in je to možno samo, če gre za celoten sklop. Poleg tega mora izdelovalec vetrnice tudi z meritvami po izgradnji dokazati, da vetrnica daje takšno moč, kot je bilo zahtevano in določeno. Generalno lahko predpostavite, da pri vetrnicah, kjer so moči vsaj 3MW in več, stane vetrnica cca 0,9 – 1 mio EUR na MW. Torej 3.6 MW vetrnica cca 3.6 mio EUR (vključno s temeljem). Pomemben strošek postavitve vetrnice predstavljajo še: vključitve v električno omrežje, dostopne ceste in montažni platoji za postavitev vetrnic in vzdrževanje. Ti stroški pa se lahko zelo razlikujejo glede na lokacijo vetrnic.

**4. Kaj je boljšega pri vetrnih kot pri sončnih elektrarnah?**

Veter piha tudi pozimi in ponoči.

**5. Se vam zdi, da se želja po domači vetrni elektrarni dviguje?**

Postavitev VE za domačo uporabo je seveda spet odvisna od vetra. V nižinah ni enakomernega vetra, ki omogoča dobro delovanje VE in zato se doma sigurno bolj izplača SE kot VE.

**6. Kako mora biti pripravljena podlaga za vetrno elektrarno?**

To določijo projektanti, ko poznajo tip vetrnice in sile, ki jih povzroča in seveda geologija terena. Vse to vpliva na dimenzije temelja. Poleg temelja mora vsaka vetrnica imeti montažni plato, kjer se postavi velik kamion za dovoz delov vetrnic, ki so zelo veliki. Iz tega platoja poteka montaža z avtodvigalom. Isti plato je potreben tudi za vzdrževanje VE in morebitna popravila. Dostopne ceste do prve vetrnice in med njimi morajo biti skrbno načrtovani da omogočajo transport zelo velikih kosov vetrnic. Največji kos za transport je krilo vetrnice.

**7. Ali morda poznate glavne vzroke, zakaj v Sloveniji ni več vetrnih elektrarn?**

Glavni razlog je, da ni veliko res dobrih lokacij, kjer bi pihal kakovosten veter, lokacije, ki so dobre, pa so velikokrat problematične z vidika zaščite narave in velikega nasprotovanja ljudi, ki živijo v bližini ali na splošno nasprotujejo projektom. Kljub temu se v tem trenutku načrtuje v Sloveniji kar nekaj velikih VE, in sicer VE Ojstrica, VE Paški Kozjak, VE Rogatec, VE Zajčica in Senožeška Brda ...

**8. Ali je potrebno odvečno elektriko pri vetrnicah tudi skladiščiti oz. ali jo je smiselno pretvoriti v toploto?**

VE in še bolj sonce imata težave z nihanjem proizvodnje. To z vidika elektroenergetskega sistema ni dobro, saj morata tako proizvodnja in poraba biti izenačeni. Torej ko se proizvede, se tudi porabi. Zato se lahko tako VE kot sonce vključujejo v omrežje tako, da nekateri drugi viri skrbijo za stabilnost omrežja (predvsem hidroelektrarne in tudi termo). Skladiščenje energije bo vedno bolj nujno, več kot bo obnovljivih virov v omrežju. Zato je zelo pomembno najti ustrezne sisteme za hranjenje energije. Danes so najbolj v uporabi baterijski sistemi in črpalne hidroelektrarne. Vedno bolj pa se nakazuje uporaba vodika. Ko je elektrike dovolj, se lahko elektrika pretvarja v vodik, ki služi kot energent ali za pretvorbo nazaj v elektriko ali za direktno uporabo.